

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“DESARROLLO DEL PLAN DE MINADO DE CORTO PLAZO
EFICIENTE Y OPERATIVO EN UNA OPERACIÓN MINERA A TAJO
ABIERTO”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS

ELABORADO POR
LENIN ROJAS RAMIREZ

ASESOR
Msc. Ing. JOSE ANTONIO CORIMANYA MAURICIO

LIMA-PERÚ

2022

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi madre, esposa y a mi familia por la comprensión, paciencia, amor y tiempo dedicado a mi educación y al ejemplo de profesionalismo que es mi madre, el cual es mi objetivo y modelo a seguir.

AGRADECIMIENTO

Agradecer, a mis profesores de mi alma mater de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por las enseñanzas y el sacrificio que realizan para poder transmitir sus conocimientos y formar profesionales capaces.

Agradezco también en este trabajo a las personas que han influenciado a mi desarrollo profesional dentro de Sociedad Minera Cerro Verde y a la confianza brindada para poder desempeñar mis funciones.

RESUMEN

El trabajo de suficiencia laboral titulado: “**Desarrollo del plan de minado de corto plazo eficiente y operativo en una operación minera a tajo abierto**”, tiene como objetivo mostrar el desarrollo de un plan de minado a corto plazo el cual a su vez sea eficiente y operativo en una operación minera de Tajo abierto con la finalidad de llegar a las metas trazadas tanto de tonelaje y ley de mena. En esta estrategia de minado, se indicará lo que se debe tener en cuenta al momento de elaborar un plan de minado para que se puede realizar en campo y obtener los valores planeados, además se mostrará las diferentes variables o consideraciones que influyen directamente en el desarrollo del plan de minado, el cual no considerarlos disminuirá la probabilidad de alcanzar los objetivos planteados.

La metodología usada para desarrollar el trabajo es la descriptiva, ya que se describe uno por uno el proceso de producción de operaciones minas que influyen en el desarrollo del plan de minado, complementado con el análisis y la estadística de cada proceso productivo para así ver su inferencia en el desarrollo del plan de minado.

En este trabajo no se entra a fondo al tema de la voladura, cálculo de camiones, obtención de leyes y clasificación de materiales a minar. Pero se explica superficialmente y se muestra lo importante que es considerar dentro de los planes de minado y las implicancias que se tiene de no tener los valores correctos.

Al final del trabajo se concluye que lo más importante en desarrollar un plan de minado es simular de manera correcta lo que van a minar los equipos de carguío y conocer de manera más cierta nuestras leyes y tipo de material a minar. Esto nos permitiría cumplir los tonelajes y leyes planteadas.

Palabras claves: Plan de minado a corto plazo, estrategia de minado y tajo abierto.

ABSTRACT

The labor adequacy work entitled: "Development of an efficient and operative short-term mining plan in an open-pit mining operation", aims to show the development of a short-term mining plan which in turn is efficient and operating in an open pit mining operation in order to reach the goals set for both tonnage and grade. In this mining strategy, it will indicate what must be taken into account when preparing a mining plan so that it can be carried out in the field and obtain the planned values, in addition, it will show the different variables or considerations that directly influence the development of the mining plan, which not considering them will decrease the probability of reaching the proposed objectives.

The methodology used to develop the work is descriptive, as it describes one by one the process of mining operations that influence the development of the mining plan, complemented with the analysis and statistics of each production process in order to see its inference in the development of the mining plan.

This work does not go in depth into the subject of blasting, calculating trucks, obtaining grades and classifying materials to be mined. But it is explained superficially and

shows how important it is to consider in mining plans and the implications of not having the correct values.

At the end of this work, it is concluded that the most important thing in developing a mining plan is to correctly simulate what the loading equipment is going to mine and to know more accurately our laws and type of material to be mined. This would allow us to comply with the tonnages and laws proposed.

Keywords: Short-term mining plan, mining strategy and open pit.

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	III
ABSTRACT	V
INDICE	VII
INDICE DE TABLAS	X
INDICE DE FIGURAS	XI
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: GENERALIDADES	3
1.1 LA INDUSTRIA MINERA Y LA PROBLEMÁTICA	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3 OBJETIVO GENERAL	5
1.4 HIPOTESIS GENERAL	5
1.5 JUSTIFICACION	6
CAPITULO II: MARCO TEORICO	7
2.1. ANTECEDENTES TEORICOS	7
2.2. MARCO TEORICO	14
2.2.1. PLAN DE MINADO	14
2.2.2. PLAN DE MINADO A CORTO PLAZO	15
2.2.3. OPERATIVIDAD	15
2.2.4. CONTROL DE MINERAL U ORE CONTROL	16
2.2.5. MATERIAL A MINAR	16

2.2.6. PRONOSTICO O FORECAST	17
2.2.7. LEY DE CORTE O CUT OFF	18
2.3. DEFINICION DE VARIABLES. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	20
CAPITULO III: METODOLOGÍA	21
3.1. TIPO Y DISEÑO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	21
3.1.1. ENFOQUE DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	21
3.1.2. ALCANCE DEL TRABAJO DE INVERTIGACIÓN	22
3.1.3. DISEÑO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	22
3.2. UNIDAD DE ANALISIS	22
3.3. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA	23
3.3.2. RECOLECCION DE DATOS	23
3.3.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	24
3.4. MATRIZ DE CONSITENCIA	25
CAPITULO IV: APLICACIÓN Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	26
4.1. APLICACIÓN ESPECIFICA	26
4.1.1. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN TÉCNICA	27
4.1.2. OBTENCIÓN DE DATOS	28
4.2. OBTENCIÓN DE RESULTADOS	47
4.2.1. TONELAJE MINADO DE PALAS POR DÍAS	47
4.2.2. LIBRAS OBTENIDAS Y TONELAJE MINADO DE DESMONTE	49
CAPITULO V: ANALISIS DE LOS RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS	55
5.1. ANALISIS DE LOS RESULTADOS	55
5.1.1. VALIDACION INTERNA	55

5.1.2. VALIDACION EXTERNA	56
5.1.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS	56
5.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS	58
5.3. DISCUSION DE LOS RESULTADOS	60
5.4. NUEVAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN	62
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXO 1	70
ANEXO 2	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición y Operacionalización de Variables	20
Tabla 2. Matriz de Consistencia	25
Tabla 3. Requerimiento de Minado del pronóstico (Forecast)	29
Table 4. Días disponibles de material minado por equipo de carguío	35
Tabla 5. Programación de Detonación o Voladura	37
Table 6. Data de minado por día de pala 12	39
Tabla 7. Simulación de minado por equipo de carguío	48
Tabla 8. Ley de Corte, Libras por proceso y Tonelaje de desmonte minado	49
Tabla 9. Libras totales de Cu y Desmonte Minado	49
Tabla 10. Mena total minada por día del caso 3	50
Tabla 11. Mena primaria minada por día por equipo de carguío del caso 3	51
Tabla 12. Mena secundaria chancable minado por día por equipo de carguío del caso 3	52
Tabla 13. Mena secundaria lixiviable minado por día por equipo de carguío del Caso 3	53
Tabla 14. Desmonte minado por día por equipo de carguío del caso 3	54
Tabla 15. Resultado del Plan de minado caso 3	57
Tabla 16. Comparación del caso 3 Vs Pronostico (Forecast)	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación de la producción metálica entre el 2021 y 2020	4
Figura 2. Ranking del Perú en producción minera en el 2017	5
Figura 3. Material por minar de un equipo de carguío	17
Figura 4. Topografía y tipo de material disparado cargado en Minesight	27
Figura 5. Reporte de cortes de Herramienta Planner de Minesight	28
Figura 6. Información del tipo de material por minar	31
Figura 7. Información de tipo de material de Taladros de perforación	31
Figura 8. Descarga de Mena en chancado primario	33
Figura 9. Plan de Voladura	34
Figura 10. Data de minado por día de pala 12	40
Figura 11. Pala eléctrica P&H 2800 AC	42
Figura 12. Pala eléctrica P&H 4100 XPC-AC	42
Figura 13. Camión minero Cat 793 D	44
Figura 14. Camión minero Komatsu 930	44
Figura 15. Traslado de equipos de carguío por disparo	46
Figura 16. Validez Interna	56
Figura 17. Dispersión de libras obtenidas en comparación a lo planeado en pronostico	59
Figura 18. Contrastación de hipótesis específica H_1	60

INTRODUCCIÓN

El trabajo presentado tiene con propósito desarrollar un plan de minado a corto plazo eficiente y operativo en una operación minera a Tajo abierto, en el cual se cumpla los objetivos de producción tanto de tonelaje y ley, así como determinar las diferentes variables o consideraciones que influyen en el desarrollo y obtención de resultados al desarrollar el plan de minado a corto plazo. El trabajo es desarrollado a base de datos de la operación Minera Cerro Verde, que por temas de confidencialidad estos datos son alterados de tal manera que no difieran mucho de la realidad de la mina, esta operación minera es considerada gran minería por el tonelaje movido y su producción en cátodos y concentrado de Cu.

El presente trabajo comprende cinco capítulos donde; en el primer capítulo se muestra la problemática de la industria minera dentro del tema de costos y retos económicos, el cual nos conlleva a formular un problema y así poder trazarnos un objetivo proponiendo una hipótesis y justificar el trabajo; en el segundo capítulo se muestra los antecedentes teóricos a nuestro tema de trabajo, se describe conceptos, marcos teóricos y se operacionaliza variables; en el tercer capítulo se indica el tipo y diseño de investigación, se indica la población y muestra a trabajar, así como nuestra

estrategia para la prueba de nuestra hipótesis; en el cuarto capítulo se desarrolla la aplicación técnica para el desarrollo del plan, se indica las consideraciones para el desarrollo del plan y se obtienen los datos para luego obtener los resultados del trabajo; en el quinto capítulo se analiza los resultados obtenidos en el cuarto capítulo y se da la validez interna el cual conlleva a la validación externa para posteriormente contrastar la hipótesis planteada a través de la estadística de hipótesis mediante la t- Student. Finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas usadas en el trabajo presentado.

CAPITULO I

GENERALIDADES

En este capítulo se indica una parte de los problemas y retos en la actualidad de la minería, donde el Perú como país minero no es ajeno a esto. Esto a su vez nos permite formular un problema, plantear un objetivo, formular una hipótesis y justificar el trabajo.

1.1 LA INDUSTRIA MINERA Y LA PROBLEMÁTICA

En la actualidad la demanda de los metales ha aumentado significativamente debido al crecimiento poblacional, las nuevas tecnologías y los recursos que demanda este crecimiento poblacional. Esto ha hecho que las empresas mineras tengan que aumentar su producción para satisfacer los mercados y seguir explorando en busca de nuevos depósitos de mineral. En consecuencia de las altas demandas de los metales hace que los equipos o herramientas para explotar nuestros depósitos aumenten, el cual nos conlleva a ser eficientes al momento de minar para poder conseguir los objetivos optimizando nuestros recursos, por el cual es objetivo de nuestro trabajo.

El Perú como país minero y por sus grandes reservas de mineral de cobre y de otros metales no es ajeno a esta problemática, el cuál quedo evidenciado con el aumento de producción de operaciones mineras de cobre como: Cerro Verde, Antamina, Cuajone, etc. Y por el descubrimiento y puesta en marcha de nuevas unidades mineras como Quellaveco y Justa los cuales tiene como metal principal el cobre.

Este trabajo se desarrolla en un Tajo abierto catalogado como gran minería debido a la gran producción de cobre y al alto tonelaje material minado y/o movido.



Figura 1. Variación de la producción metálica entre el 2021 y 2020

Fuente BCRP. Elaboración: Cooper Acción.

PRODUCTO	LATINOAMÉRICA	MUNDO
Oro	1	6
Cobre	2	2
Plata	2	2
Zinc	1	2
Plomo	1	4
Estaño	3	6
Molibdeno	2	4
Cadmio	2	8
Roca Fosfórica	2	10
Boro	1	2
Diatomita	2	6
Indio	1	7
Andalucita / Kyanita <i>y minerales relacionados</i>	1	4
Selenio	1	10

Figura 2. Ranking del Perú en producción minera en el 201

Fuente MINEM

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Por qué no se cumple los objetivos de producción planificados en tonelaje y ley de mena del plan de minado a corto plazo?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un plan de minado de corto plazo eficiente y operativo que permita cumplir los objetivos de producción planificados.

1.4 HIPOTESIS GENERAL

Un plan de minado de corto plazo eficiente y operativo nos permite cumplir los objetivos de producción tanto de ley y tonelaje planificado.

1.5 JUSTIFICACION

El costo de operación (OPEX) y el gasto de capital (CAPEX) siempre crece y los precios de los metales es muy errático, es decir no se puede controlar o saber a ciencia cierta el valor a un determinado tiempo. Es por eso que es importante realizar un eficiente plan de minado que nos permita reducir costos y poder ser rentables en el tiempo.

Para poder realizar el plan de minado se debe conocer y considerar factores que influyen directamente el minado del día a día. En este trabajo se trata de dar a conocer estos factores que nos permita desarrollar un plan de minado eficiente y el cual se pueda cumplir.

El planeamiento de minado nos permite saber cómo estaremos en un determinado tiempo tanto en ley de mena como material minado o movido, el cual nos permitiría tomar decisiones anticipadas. Al hacer un planeamiento de minado eficiente se consigue reducir los costos de operación de minado.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

En este capítulo se trata de los antecedentes bibliográficos a nuestro tema de estudio, de los cuales se deduce la importancia de facilitar el trabajo de los que realiza el plan de minado a corto plazo usando modelos o softwares mineros del mercado y de considerar, conocer indicadores y conceptos claves de la operación. Así mismo se muestra bases teóricas, se definen conceptos de variables y se operacionaliza las variables.

2.1. ANTECEDENTES TEORICOS

Herrada Villarreal, R. G. (2019). Planeamiento de minado a corto plazo y los indicadores claves de gestión en una mina a tajo abierto.

Resume que su investigación tiene como objetivo central, determinar la relación que existe entre la variación del tonelaje y las variaciones de los indicadores claves de gestión (KPI's), tales como la distancia horizontal equivalente (EFH), el delta C, el número de camiones disponibles y la utilización. Tal relación se determinó mediante la regresión lineal múltiple, tomando la información histórica de un trimestre de una

mina a tajo abierto, como datos ejecutados se utilizó la información almacenada por el sistema Dispatch y como datos planeados se utilizó la información de los planes de minado a corto plazo realizados para los meses de julio, agosto y setiembre del 2018. Como conclusión se tiene que, el incremento de 1 km en el EFH equivale a una disminución de 51k tpd. en el tonelaje, el incremento de 1 minuto en el Delta C equivale a una disminución de 23k tpd, el incremento de 1 Camión Disponible equivale a un aumento de 9k tpd. y el incremento de 1% en la utilización equivale a un aumento de 13k tpd. Para el periodo en estudio, la menor utilización de camiones (83.1% vs 86.0%) impactó en el tonelaje en -38k tpd, convirtiéndose en la principal causa del no cumplimiento en el tonelaje programado.

Carpio Ore, W. Y. (2018). Aplicación de software minero Minesight al planeamiento de corto plazo en minería a tajo abierto Informe por servicios profesionales.

Resume que el objetivo principal de su trabajo es: presentar el proceso que se lleva a cabo para la optimización del flujo de trabajo en base a herramientas del Software Minesight que se pueden aplicar al planeamiento de corto plazo y cierre de mes en minería a tajo abierto. Se obtendrá una reducción de tiempo en la realización del Plan de Corto Plazo y Cierre de mes. Se minimizará el factor de error humano al estandarizar el proceso y reducir el uso de herramientas externas como el programa Excel. En conclusión, se obtiene un mejor flujo de trabajo en la realización del Plan de Corto Plazo y Cierre de mes al realizar estos trabajos dentro de un solo entorno flexible e intuitivo, dando a los usuarios la capacidad de hacer un análisis más rápido de manera visual y de los resultados obtenidos en los reportes. El desarrollo del plan de corto plazo y de cierre de mes, más rápido y más confiable, se traduce principalmente en un ahorro de horas hombre las cuales podrán ser usadas para el desarrollo de otros escenarios de planificación y seleccionar así el mejor plan realizado.

Ponce Mariluz, D. H. (2017). Modelo de planeamiento de minado a corto plazo para una operación minera a cielo abierto.

Resume que, durante el proceso de planificación de corto plazo en minas superficiales, se tiene en consideración innumerables factores que afectan directamente los objetivos y estrategias que el planeamiento de mediano y largo plazo han definido previamente en el planeamiento de minado. Estos diversos factores e información que se incorpora en el planeamiento de corto plazo, generan mayormente una tediosa labor del planeador de minas durante su elaboración, lo cual genera un excesivo uso de tiempo y recursos. Este estudio propuesto tiene como objetivo principal, presentar un modelo de planeamiento de minado de corto plazo, que pueda ser aplicado a cualquier operación minera superficial, en la cual reúne toda la información necesaria para el planeamiento de minado y a su vez proporcione una flexibilidad ante cualquier cambio repentino que pueda afectar los objetivos de producción previamente establecidos. Este modelo reúne los siguientes aspectos: - Seguridad en labores de mina. - Tareas críticas programadas. - Geotecnia. - Planeamiento semanal de geología. - Planeamiento en el mantenimiento de equipos. - Planeamiento en la perforación y voladura. - Planeamiento y secuencia en los equipos de producción mina, con sus respectivos Gantt Charts. - Desempeño semanal de los equipos de perforación, acarreo y carguío de mina. - Secuencia de los equipos de perforación y carguío. - Secuencia de minado. - Seguimiento de las productividades y resultados comparados con el presupuesto anual o el plan trimestral de mina.

Gonzales Paihua, T. (2010), en su tesis: "*Diseño de Minas a Tajo Abierto*", en la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima-Perú. La Tesis de grado llego a las siguientes principales conclusiones:

1. Para desarrollar y evaluar activos mineros es necesario una plataforma común de conceptos claros y una nomenclatura estándar sobre criterios y prácticas que respalden los prospectos de exploración, recursos y reservas mineras.
2. A la fecha en el Perú no existen mecanismos, normas o estándares que regulen la declaración de reservas y no existe la definición de persona competente quien sería la persona que avale las reservas.
3. La variabilidad de la mayoría de los precios de los metales bases hace que las compañías usen un promedio razonable para el cálculo de las reservas, las computadoras en estos tiempos permiten hacer muchos escenarios y el análisis de sensibilidad es una herramienta necesaria para poder responder a preguntas de que pasaría si.
4. Un buen plan de minado garantiza un óptimo NPV, para que se tenga este plan adecuado, las fases de minado deben ser las adecuadas.
5. El valor del dinero en tiempo debe de ser incluido durante la optimización, independiente del método o procedimiento que se use.
6. Las consideraciones geométricas, de los yacimientos están principalmente en función al tamaño de este, consideraciones geomecánicas, ratio de Pág. 152 minado, tamaño de equipos, etc., sin embargo en la actualidad las operaciones grandes; de cobre, oro, etc., casi se han estandarizado, por ejemplo la altura de banco usual es de 15 metros o 50 pies, los equipos son parte importante de esta estandarización, por ejemplo casi en todas las minas grandes del Perú se usan camiones de la misma capacidad, las Pala y Perforadoras son parecidas o similares, sin duda la mayor variabilidad se da en yacimientos medianos o pequeños.

7. En el diseño de las fases de minado, se debe de garantizar la factibilidad de usar una determinada carretera de acceso para salir de las fases inferiores mientras se inicia el desbroce de la fase siguiente.
8. Una correcta estrategia de ley de corte permite mejorar el VAN de proyecto y reducir el tiempo de retorno de la inversión. La alternativa 2, analizada en el caso de estudio de Toquepala, ya se ha implementado y actualmente está en operación.

De esta tesis podemos inferir que nuestros planes y/o programa de producción deben ser eficientes para poder maximizar nuestras ganancias.

Ángeles y Cueva, (2019), en la tesis de Grado titulada: "Optimización en la planificación minera a tajo abierto", de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte de Cajamarca-Perú. Concluyeron:

1. En la web existen muchos artículos relacionados al planeamiento minero, sin embargo, el tema a investigar como producto de elaboración de la tesis, limitara a
 - Minería superficial o tajo abierto y
 - Los minerales a producirse serán no metálicos, tal es el caso como caliza.
2. Todo planeamiento de minado es fruto integral del análisis de diferentes variables, características y que las metas trazadas y establecidas tengan un cumplimiento aceptable de lo contrario se estaría con un desequilibrio con los parámetros planificados con la práctica operativa real obtenida.
3. Los ajustes de las mejoras u optimizaciones de la planificación minera en la operación real se podrán ajustar de acuerdo a los parámetros operativos obtenidos y proyectados con datos más actualizados en calidad y en el tiempo dando mayor detalle e importancia a los que más incidencia económica tienen en la operación minera.

4. Con la determinación de la calidad del macizo roso, reservas minerales y el ciclo de operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y transporte se ha logrado optimizar el plan de minado.

De este trabajo se recalca varias cosas importantes para nuestro trabajo como: La importancia de evaluar y analizar los valores obtenidos durante el minado y correlacionarlo con nuestro plan para poder obtener nuestros objetivos, además de que conociendo nuestros diferentes procesos de producción en mina se podrá ser eficientes ya que podemos optimizar cada proceso y obtener mejor resultado.

Arteaga (2014), en la tesis titulada: "The mining rate in open pit mine planning" (La tasa de minado en un plan de minado a tajo abierto), de la escuela de ingeniería mecánica y minera de la Universidad de Queensland de Australia indica en la introducción de sus conclusiones la siguiente traducción que:

La planificación minera es una actividad compleja que tiene como objetivo la creación de valor a través de la explotación del recurso mineral. La complejidad se deriva de tres factores. El primer factor son las incertidumbres asociadas con la delimitación del recurso y con la estimación de los parámetros económicos. El segundo factor surge del propio proceso, que involucra variables que están interrelacionadas y cuyo valor óptimo es difícil de encontrar. El último factor está relacionado con la explotación de un recurso mineral finito y no renovable. En este contexto, la planificación de la mina es una actividad desafiante que requiere extensos períodos de planificación y grandes inversiones de capital. El uso y productividad de los equipos en la mina es importante para mantener menores costos de explotación y para incrementar el margen con respecto a los ingresos. La minimización de costes es, por tanto, uno de los principales objetivos operativos y numerosas actividades está alineadas en esta dirección para intentar conseguirlo. Desde un punto de vista

estratégico, la planificación minera con el objetivo de minimizar los costos puede conducir a soluciones subóptimas, que pueden destruir el valor. Esta tesis, sin embargo, ha presentado un ejemplo donde el diseño de los esquemas de explotación puede realmente brindar una oportunidad para mejorar los ingresos de la empresa minera, y donde dicho diseño se desarrolla con el objetivo principal de crear valor. Los esquemas de explotación potencialmente beneficiosos, que se presentan en esta tesis, corresponden al despliegue efectivo de los equipos en cada retroceso. Dichos esquemas determinarán tanto la tasa de minería como la tasa de hundimiento del retroceso. El diseño actual de estos esquemas de explotación considera la utilización y la productividad del equipo de carga como una limitación. La tasa de minería es, por tanto, el resultado de una estrategia deliberada que optimiza el rendimiento de los equipos y reduce los costos de minería.

Además, en el estudio de Herrera Valdez, J y Mayorga Rojas J. C. (2020, 22 junio). Resumieron que en toda operación minera es necesario un sistema de reconciliación, el cual permita medir el desempeño de los procesos involucrados en la obtención del producto final, desde los modelos de reservas-recursos, pasando por el diseño de mina, planeamiento de minado, producción minera, hasta culminar en el proceso metalúrgico. Es mediante la relación entre el mineral recibido (mineral molido) con el mineral enviado a molienda (modelo corto plazo), que resultarán factores de reconciliación para tonelaje, ley y metal. Posteriormente, serán evaluados en un periodo de tiempo mensual, trimestral y/o anual, y servirán de ayuda para afinar los procesos y subprocesos del modelo de corto plazo, así como el proceso de minado y el proceso metalúrgico. Los resultados se verán reflejados en la reducción de las diferencias de los factores de reconciliación para el tonelaje, ley y metal, esta reducción debe ser soportada en el tiempo; es decir, un sistema de reconciliación

minera debe ser parte de la mejora continua en toda la cadena de valor del proceso minero.

En nuestro caso objetivo de un plan de minado es cumplir con el tonelaje minado y las leyes de mena, el cual está indicado en el Forecast o pronóstico. Además, se debe considerar siempre la productividad de las palas y/o equipos considerando siempre reducir los costos de producción y obteniendo los mismos o mejor resultados.

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. PLAN DE MINADO

Es la estrategia o la secuencia de minado que se elabora en una operación minera con la finalidad de cumplir con los tonelajes y leyes que nos permite tener una mayor rentabilidad y dar un buen ciclado a la operación minera. Este plan de minado es propio de cada operación minera, donde en cada plan se debe priorizar elevar la productividad y seguridad. Es decir, buscar ser eficientes y seguros para conseguir la meta con los recursos asignados.

Piérola Vera, D. (2017). Optimización del plan de minado de cantera de caliza La Unión distrito de Baños del Inca – Cajamarca 2015. Indica que el Plan de minado es el diagnóstico de las posibilidades, mediante un proceso intelectual y consiste en el análisis integral de los factores de producción dentro de la empresa minera, sus limitaciones internas y externas; y todo aquel que guarda relación con la elección de un objetivo a lograrse. El plan, constituye el resultado de todo proceso de planeamiento. De este modo, los objetivos de la organización, sus políticas, estrategias, presupuestos, procedimientos, reglas y programas. Presentan diversas formas de planes.

Según la publicación... (¿Qué puntos debe incluir todo plan de minado? | Seguridad Minera, 2016). La norma define como plan de minado el documento que contiene

todas las actividades o acciones a realizar durante el período de un año y que comprende, entre otras: la identificación de los límites de las áreas de exploración, preparación, explotación, beneficio y otras actividades inherentes. Además, debe incluir metodología y parámetros de trabajo, equipos a ser utilizados, presupuestos y costos, personal, medidas de seguridad y salud ocupacional, y posibles impactos en el entorno y medidas a tomar frente a posibles eventos adversos, cuantificando las metas a alcanzar. El plan de minado, de acuerdo al artículo 34, deberá considerar los riesgos potenciales en cada uno de los procesos operativos de ventilación, desatado, sostenimiento, perforación, voladura, carguío, transporte y mantenimiento de vías, entre otros.

2.2.2. PLAN DE MINADO A CORTO PLAZO

Este plan es para un periodo semanal, mensual hasta trimestral, donde se contempla el abastecimiento a los procesos de mena tanto en ley y tonelaje según lo planeado por día y mes, así como el minado de desmonte para seguir desarrollando la mina con los recursos asignados. Donde el abastecimiento este sujeto a los objetivos de la empresa.

Además, según (*GEOESTADISTICA.COM*, s. f.-b). Se infiere que el plan de minado a corto plazo consiste en realizar una combinatoria de volúmenes de extracción, hasta lograr una secuencia de extracción de mineral que permita cumplir con la producción del mes y con las condiciones de operatividad minera.

2.2.3. OPERATIVIDAD

Bendezú Tenorio, N. D. (2014) Implementación de un sistema de información basado en un enfoque de procesos para mejorar la operatividad del área de créditos de la microfinanciera crecer. Sostiene que la operatividad es la capacidad para funcionar y producir el efecto que se pretendía, funcionamiento correcto. (Pag 42)

2.2.4. CONTROL DE MINERAL U ORE CONTROL

Gutiérrez Panihuara, Y. A. (2016). Metodología de control de calidad de mineral en la producción de oro, aplicado en minería a tajo abierto - "Yacimiento Jessica" Compañía Minera Aruntani - Puno - Perú. En su resumen indica que en la operación minera se define Control de mineral u "Ore Control", por sus traducciones del inglés, al conjunto de actividades que permiten realizar el seguimiento al cumplimiento correcto minado de los polígonos de mineral y desmonte evitando la contaminación y dilución, de esta manera garantizando su correcto destino. En el proceso de minado el área designada, usualmente el área de geología mina, realiza un control adecuado las leyes y características geológicas del material de los polígonos para obtener un resultado de acuerdo a lo requerido en el plan de minado con la finalidad de mantener la vida útil de la mina según lo planificado en el Budget.

2.2.5. MATERIAL A MINAR

Nicolas Pérez, C. F. (2015). Dilución Operacional en Mina el Soldado. Indica que En el proceso minero es necesario identificar qué material será enviado a planta y cuál no. Esta información debe ser traspasada a los operadores de palas y camiones para que no existan discrepancias. Para poder realizar lo anterior, es necesaria la definición de polígonos de producción con el objetivo de identificar los sectores donde la pala cargará mineral y en los cuales cargará estéril. La definición de estos polígonos resulta arbitraria en el sentido que el planificador de corto plazo los genera teniendo en consideración que la ley media del polígono sea mayor a la ley de corte. Por aspectos operativos del equipo de carguío, es imposible generar una selectividad de un 100%. De esta forma la disposición de los polígonos muchas veces incluye estéril tal como se aprecia en la figura anterior o viceversa. (Pag 25).

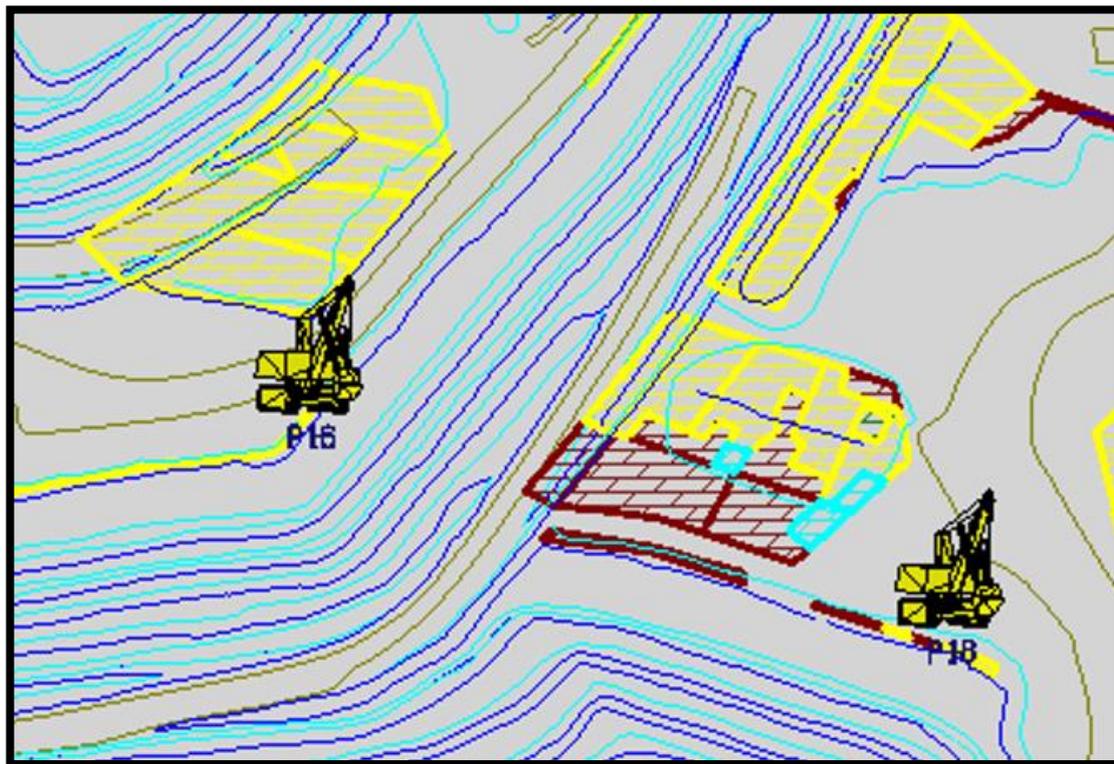


Figura 3. Material por minar de un equipo de carguío

Fuente: Elaboración propia

2.2.6. PRONOSTICO O FORECAST

Teijeira, P. (2017, 11 octubre). Forecast: Qué es y para qué sirve. Técnicas, consejos y mejores prácticas en ventas IT, indica que el FORECAST consiste en la estimación de ventas que tenemos para un determinado periodo de tiempo. Para ello utilizaremos datos históricos, valoraciones del equipo de marketing, información de los profesionales de ventas o cualquier otro indicador disponible para obtener la cifra más real posible, además indica que el FORECAST puede realizarse desde un punto de vista institucional, en el que la empresa hace sus predicciones sobre la demanda de sus productos para que los distintos departamentos (logística, producción, financiero, etc.) tomen en cuenta esta información en su planificación, o desde un punto de vista personal, en el que el profesional de ventas declara lo que venderá en el futuro.

Asimismo, Catpo Rodríguez G y Ramírez Gonzales S. (2016). LA APLICACIÓN DEL SISTEMA COMERCIAL FORECAST Y SU INFLUENCIA EN LA GESTIÓN LOGÍSTICA DE IMPORTACIONES DE LA EMPRESA HUEMURA S.A.C EN EL PERIODO 2015 – 2016 afirman que el Sistema Forecast es una estimación de las ventas netas de la compañía cada cierto periodo definido por la misma. Los meses referenciales históricos son aquellos en los cuales ya se conoce cuánto se vendió a nivel de volumen, ventas brutas y ventas netas. Por lo tanto, a medida que la proyección se acerca de un mes a otro, gana en precisión porque es necesario proyectar un menor número de meses.

2.2.7. LEY DE CORTE O CUT OFF

Es la ley mínima de mineral con el cuál se obtendrá un valor económico, es decir es la ley que separa material desmonte con material mena, esto está a base de cálculos económico en función de precios y costos.

Varillas Ochoa, P. G. (2017). Evaluación técnico económica del Proyecto Pablo en U. M. Pallancata – cía. Minera Ares S.A.C. indica que el cut-off es aquella ley de mineral, cuyo valor es igual al costo de producción, quiere decir, corresponde a la ley de mineral en que no da pérdidas ni ganancias, permitiendo discriminar mineral y estéril.

Silva Hernández, N. L. (2020). Implementación de estrategias de minado para incrementar producción en mina a tajo abierto indica que el propósito del cut-off es lograr algún objetivo económico o financiero, asegurando la rentabilidad y máximo valor, entre otros aspectos. Dependiendo de la ubicación del proyecto, pueden existir varios objetivos sociales tales como maximizar la vida de la operación o empleabilidad en la región y pagar impuestos al gobierno. Independientemente, a la ubicación del proyecto se opera minimizando el daño ambiental y emisiones de gas

invernadero siendo factores considerados cada vez más importantes en las operaciones mineras. La fórmula más común para calcular el cut-off se llama es break-even. El break-even es la ley en el cual las ganancias obtenidas es igual al costo de producción. A continuación, la simple formula del break-even.

$$\text{Break - even } [gu/t] = \frac{\text{cost } [$/t]}{\text{product price } [$/gu] \times \text{recovery}}$$

2.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA 1. Definición y Operacionalización de Variables

PROBLEMA	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Por qué no se cumple los objetivos de producción planificados en tonelaje minado y ley de mena del plan de minado a corto plazo?	Independiente				
	Plan de Minado a Corto Plazo	Plan donde se contempla el abastecimiento a los procesos de mena tanto en ley y tonelaje según lo planeado por día y mes, así como el minado de desmonte para seguir desarrollando la mina con los recursos asignados. Donde el abastecimiento este sujeto a los objetivos de la empresa.	Será medido a través del presupuesto (Budget) y/o pronóstico (Forecast)	Tonelaje	Mena
					Desmonte
				Leyes	Ley de Corte
	Dependientes				
	Tonelaje Minado	Material que se mina o se mueve dentro de una operación minera a tajo abierto o subterránea.	Será medido a través de la revisión y análisis documental de la información de producción de la empresa	Tonelaje Minado Planeado	Lo minado por Equipos de Carguío
					Numero de equipos de acarreo requeridos
Ley de Mena	Es la ley mínima de mineral con el cuál se obtendrá un valor económico, es decir es la ley que separa material desmonte con material mena, esto está a base de cálculos económico en función de precios y costos		Leyes de Mena Planeado	Modelo Geológico	
				Material a minar	

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se detalla el tipo y diseño de investigación realizada en este trabajo, así como el alcance del trabajo que incluye la población y muestra. Así mismo, se muestran las técnicas de obtención de datos, los instrumentos de medición y el procedimiento para el análisis estadístico con el objetivo de demostrar las hipótesis del trabajo.

3.1 TIPO Y DISEÑO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo según su propósito es una investigación aplicada ya que se busca estrategias con el fin de conseguir un objetivo y a su vez este trabajo se nutre de conocimientos básico para generar un caso práctico.

3.1.1. ENFOQUE DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del trabajo se utilizó el enfoque cuantitativo, ya que en el trabajo se recolecto datos para probar nuestra hipótesis planteada. Además, se estableció y se secuencio variables o condiciones que nos permita desarrollar un plan de minado a corto plazo el cual se probó que sea eficiente y operativo.

3.1.2. ALCANCE DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El alcance de este trabajo es descriptivo y a su vez explicativo. Descriptivo porque se especifica los procesos que se debe tener en cuenta para poder desarrollar un plan de minado a corto plazo, es decir se recolecta o mide las informaciones de cada proceso a base de sus características y propiedades.

Asimismo, es de alcance explicativo porque nos da una idea de cómo influye el desarrollo del plan de minado eficiente y operativo para poder conseguir las metas tanto de ley y tonelaje.

3.1.3. DISEÑO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El diseño aplicado en el trabajo de Investigación es experimental según Roberto Hernández (2014). Ya que se elige y se realiza acciones o consideraciones para el desarrollo de un plan de minado para luego observar las consecuencias, es decir ver si es eficiente y operacional.

$$A \rightarrow X \rightarrow B$$

Donde:

A: Son las consideraciones que se debe tener en cuenta para desarrollar un plan de minado a corto plazo

X es el planeamiento de minado a corto plazo

B son los resultados tanto en ley y tonelaje minados

3.2 UNIDAD DE ANALISIS

Para nuestro trabajo de investigación la unidad de análisis fue Sociedad Minera Cerro Verde, donde se desarrolló plan de minado los años 2016 a 2018. Para datos del trabajo y por temas de privacidad de Freeport se darán datos aproximados no reales y hasta simulaciones.

3.3 ETAPAS DE LA INVESTIGACION

3.3.1. POBLACION Y MUESTRA

LA POBLACIÓN

En nuestro trabajo la población está dada por 5 planes de minado a corto plazo, donde cada plan contempla 7 días de minado.

LA MUESTRA

Para obtener muestras representativas es necesario calcular el tamaño de la muestra que nos permita dar un grado de confiabilidad, para lo cual se utiliza la fórmula para poblaciones menor a 10000.

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

Donde:

n: número de muestra

z: nivel de confianza a un 95% que es 1.96

p: probabilidad a favor que el plan de minado supere el objetivo es 50%

q: probabilidad en contra que el plan de minado no supere el objetivo es 50%

N: población igual a 5

e: error de muestra aceptable 5%

Remplazando en la fórmula para población menor a 100000 obtenemos:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 5}{0.05^2 * (5 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 4.95$$

Por lo tanto, para que sea confiable la muestra se debe considerar cinco planes de minado a corto plazo para poder obtener los objetivos planteados.

3.3.2. RECOLECCION DE DATOS

La recolección de datos se da a través de observaciones, revisión de datos y acopio de data de operación de Sociedad Minera Cerro Verde. Donde se utiliza diversos

softwares para poder manejar y extraer los datos, así como: tablas de Excel con conexión a base datos, SQL server para hacer consultas a la base de datos para solo sacar la información que se quiere y que sea discriminada, aplicación Planner de Minesight para verificar tonelajes y leyes, Acquire para verificar y conocer leyes de mineral y Dispatch para sacar tiempos de ciclo de minado y carguío.

3.3.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

El procesamiento de la información se da a base de diferentes softwares como: Planner de Minesight para proyectar tonelajes y leyes que se minara, Excel para realizar tablas de tiempos.

3.4 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 2. Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	PRUEBA DE HIPOTESIS
Problema Principal	Objetivo Principal	Hipótesis General	<p>Variable Independiente</p> <p>Plan de minado a corto plazo</p> <hr/> <p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tonelaje de minado • Ley de Mena 	Se da a través de la estadística de hipótesis, cuyo modelo tiene una distribución t debido a que la muestra es 5 con 4 grados de libertad
¿Por qué no se cumple los objetivos de producción de planificados en tonelaje y ley de mena del plan de minado a corto plazo?	Desarrollar un plan de minado de corto plazo eficiente y operativo que permita cumplir los objetivos de producción planificados	Un plan de minado de corto plazo eficiente y operativo nos permite cumplir los objetivos de producción tanto de ley y tonelaje planificado.		

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

APLICACIÓN Y OBTENCION DE RESULTADOS

En este capítulo se mostrará el desarrollo de la aplicación técnica en el desarrollo del plan de minado a corto plazo, obtención de datos y obtención de resultados. En el desarrollo de la aplicación técnica se indicará que considerar al momento de usar el software Minesight y su herramienta Planner para hacer los cortes de minado por equipo de carguío, en la obtención de datos se identifica y obtiene los datos necesarios para poder desarrollar el plan de minado para obtener los objetivos de producción y ley.

4.1 APLICACIÓN ESPECIFICA

En este segmento se muestra cómo se elabora un plan de minado a corto plazo con el software minero Minesight y su herramienta Planner, además se indica lo que se debe considerar para que los resultados obtenidos sean correctos y lo más preciso con lo que se tiene en campo como topografía actualizada y modelo geológico. En este segmento también se muestra la obtención y análisis de datos que son los resultados para la elaboración de plan de minado de corto plazo.

4.1.1. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN TÉCNICA

Para desarrollar el plan de minado se utilizará el software Minesight y se empleará su herramienta Planner. En Minesight se cargan los datos de la topografía real, es decir se debe actualizar o levantar la topografía con la finalidad de que coincida con la fecha del inicio de nuestro plan de minado a corto plazo

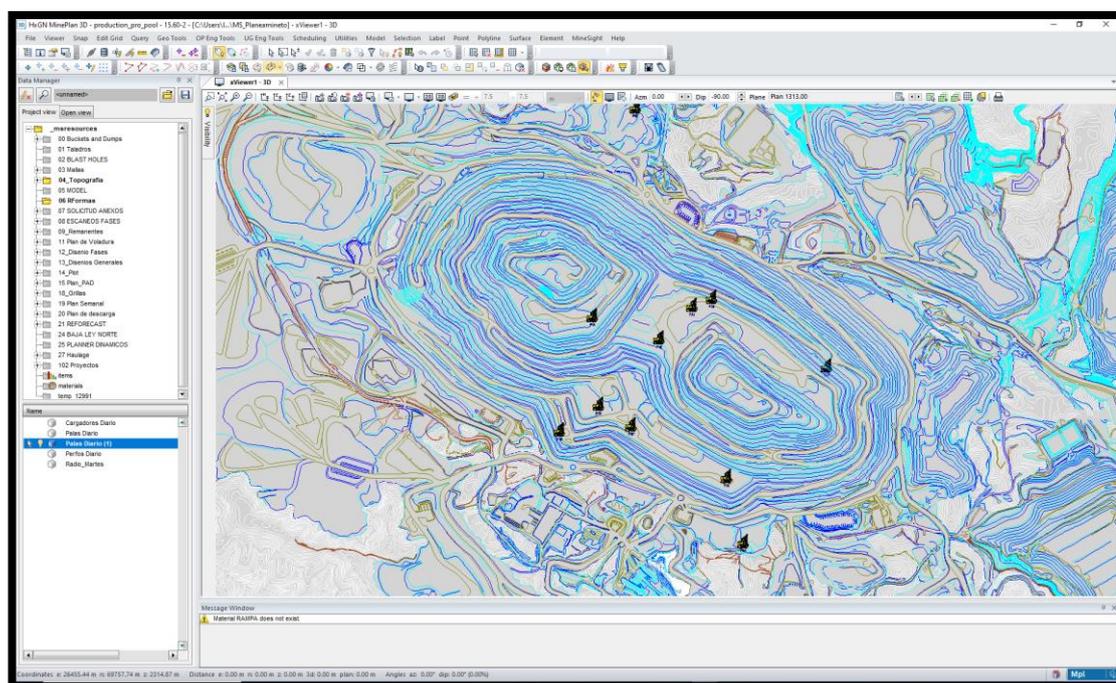


Figura 4. Topografía y tipo de material disparado cargado en Minesight

Fuente: Elaboración propia

También se carga el modelo geológico de corto plazo a Minesight para que al momento de hacer los cortes por día o por semana nos salga información del tonelaje y leyes que se minara. Este modelo geológico debe ser validado ya que debe ser lo más certero debido a que nuestro plan va depender mucho de esta información. Posteriormente se genera los cortes o lo que va minar los equipos de carguío en el tiempo que se desarrolla el plan de minado, en nuestro caso una semana. Con esto se obtiene la información de toneladas, tipo de material y leyes que se va minar.

Period	ID	Level	Elevation Range	Shear	BATHY	Push	Trench	Wgt_Dist	MTQU	Level Fraction	Hat	Reserves	CAUD	CLOSD	QUERC	MAGD
2020Q01	A21861	Level 2298	Elevation_2,298.00 - 2,269.25	P12	60000	CW6	20,877	0.35	0.478	3/4 (Bottom)	DESH	False	1,670	4.50	0.0	0.0
2020Q01	A21864	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,258.00	P16	90000	CW6	106,611	1.38	0.528	Single	DESH	False	1,484	4.26	0.0	0.0
2020Q01	A21865	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,238.00	P16	90000	CW6	77,214	0.86	0.496	Single	DESH	False	1,312	3.41	0.0	0.0
2020Q01	A21869	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,238.00	P16	90000	CW6	98,700	1.10	0.548	Single	DESH	False	1,403	4.51	0.0	0.0
2020Q01	A21870	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,224.25	P16	90000	CW6	36,308	0.58	0.147	3/4 (Bottom)	DESH	False	1,549	4.60	0.0	0.0
2020Q01	A21880	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,254.25	P16	90000	CW6	39,009	0.43	0.261	3/4 (Bottom)	DESH	False	1,521	4.99	0.0	0.0
2020Q01	A21892	Level 2258	Elevation_2,258.00 - 2,269.25	P05	90000	SR8	6,945	0.14	0.128	3/4 (Bottom)	DESH	False	0.000	8.08	0.0	0.0
2020Q01	A21895	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,254.25	P22	125000	SR8	58,353	0.47	0.113	3/4 (Bottom)	DESH	False	0.000	5.86	0.0	0.0
2020Q01	A21899	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,258.00	P17	125000	SR8	202,060	1.62	0.991	Single	DESH	False	0.001	7.13	0.0	0.0
2020Q01	A21701	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,258.00	P17	100000	SR8	214,307	2.14	0.059	Single	DESH	False	0.000	9.70	0.0	0.0
2020Q01	A21704	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,258.00	P17	125000	SR8	46,243	0.37	0.307	Single	DESH	False	0.000	7.64	0.0	0.0
2020Q01	A21708	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,258.00	P22	125000	SR8	114,794	0.82	0.188	Single	DESH	False	0.000	7.30	0.0	0.0
2020Q01	A21728	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,258.00	P16	90000	CW6	35,952	0.40	0.199	Single	DESH	False	1,515	4.31	0.0	0.0
2020Q01	A21730	Level 2268	Elevation_2,268.00 - 2,273.00	P07	45000	CW4	297,191	6.40	0.000	1/3 (Bottom)	DESH	False	0.447	6.25	0.0	0.0
2020Q01	A21737	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,258.00	P16	90000	CW6	81,935	0.91	0.508	Single	DESH	False	1,313	3.81	0.0	0.0
2020Q01	A21738	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,258.00	P06	60000	SR8	122,381	2.94	0.110	Single	DESH	False	0.018	8.84	0.0	0.0
2020Q01	A21743	Level 2258	Elevation_2,258.00 - 2,269.25	P12	60000	CW6	75,627	1.18	0.340	3/4 (Bottom)	DESH	False	0.769	2.61	0.0	0.0
2020Q01	A21752	Level 2258	Elevation_2,258.00 - 2,269.25	P12	60000	CW6	40,802	0.68	0.261	3/4 (Bottom)	DESH	False	0.938	4.15	0.0	0.0
2020Q01	A21753	Level 2258	Elevation_2,258.00 - 2,269.25	P12	60000	CW6	27,624	0.46	0.362	3/4 (Bottom)	DESH	False	1.363	4.10	0.0	0.0
2020Q01	A21776	Level 2243	Elevation_2,243.00 - 2,258.00	P22	100000	SR8	157,342	1.57	0.363	Single	DESH	False	0.004	8.43	0.0	0.0
2020Q01	A21778	Level 2258	Elevation_2,258.00 - 2,273.00	P11	50000	CW11	8,872	0.18	0.028	Single	DESH	False	0.007	0.00	0.0	0.0
2020Q01	A21779	Level 2278	Elevation_2,278.00 - 2,293.00	P18	82000	SR7	286,215	3.49	0.228	Single	DESH	False	0.682	0.80	0.0	0.0
2020Q01	A21780	Level 2293	Elevation_2,293.00 - 2,293.00	P19	70000	CW11	74,865	1.07	0.137	2/3 (Bottom)	DESH	False	0.000	0.01	0.0	0.0
2020Q01	A21781	Level 2278	Elevation_2,278.00 - 2,248.00	P11	50000	CW11	127,312	2.58	0.308	2/3 (Bottom)	DESH	False	0.003	2.47	0.0	0.0
2020Q01	A21904	Level 2268	Elevation_2,268.00 - 2,278.00	P04	44000	CW11	106,414	4.24	0.147	1/3 (Bottom)	DESH	False	0.004	1.09	0.0	0.0

Period	Wgt_Dist	Trench	Grand Total
2020Q01	3.98	237,576	3.02
2020Q02	6.05	181,169	6.05
2020Q03	13.05	352,238	13.05
SRB Total	11.99	1,118,253	17.80
P22	4.13	462,609	6.51
P22	3.83	418,989	8.37
P22	8.77	876,988	13.21
P22	1,251,296	25.82	2,616,282
SRB Total	2,465,440	26.58	5,153,054

Figura 5. Reporte de cortes de Herramienta Planner de Minesight

Fuente: Elaboración propia

Como se indicó estos cortes o avances de minado se hacen en relación a lo que va minar un equipo de carguío en toneladas en el tiempo que se requiera hacer el plan de minado, este tonelaje va de acuerdo a la simulación que minaría el equipo de carguío. Con esto se debería cumplir con los tonelajes y leyes planteadas, pero de no ser así el caso se debería dar prioridad o disminuir el minado a cierto equipo de carguío o mover a otro frente de minado, esto se verá más adelante.

4.1.2. OBTENCION DE DATOS

- **REQUERIMIENTO DE MINADO TANTO MINERAL MENA Y DESMONTE**

El requerimiento se adquiere del presupuesto (Budget) o pronóstico (Forecast) dado, lo importante es saber reconocer lo solicitado

Tabla 3. Requerimiento de Minado del pronóstico (Forecast)

PLAN DE PRODUCCION		Julio
Producción de Mina		Semana 1
Días Operativos		7
Total Mill Ore to the Mill	kTm	2,535
Mill Ore Grade	%TCu	0.506
Mill Ore Grade	%Mo	0.023
Mill Ore Grade	AS ppm	40.9
Mill Ore Grade	MRECU	83.3
Mill Ore Grade	MREMO	54.9
Ore to the Mill / Day	kTm/Day	362
Copper Contained in Concentrate	Tm	10,689
Payable lbs	Lbs	22,671,342
Total Crush Leach to the Crusher	kTm	280
Leach Ore Grade – Total	%Tcu	0.266
Leach Ore Grade – Acid Soluble	%ASCu	0.033
Leach Ore Grade – Cn	%CnCu	0.128
Leach Ore Grade – Recoverable	%Rcu	0.164
ROM Leach Ore Production	kTm	45
Leach Ore Grade – Total	%Tcu	0.149
Leach Ore Grade – Acid Soluble	%ASCu	0.031
Leach Ore Grade – Cn	%CnCu	0.043
Leach Ore Grade – Recoverable	%Rcu	0.054
Total Ore Leach (000 mt)	kTm	325
% Avg total Cu grade	%Tcu	0.250
% Avg recoverable Cu grade	%Rcu	0.149
Recoverable Cu (mt)	Tm	483
Payable Lbs	Lbs	1,024,099
Waste Stripping	kTm	4,150
Fill Waste	kTm	58
TOTAL MINED	kTm	6,721
Ore movement-within stocks	kTm	
Total Re-handle ore Stock	kTm	268
TODO	KTM	6,989
Avg tpd total	KTM	998
TOTAL CU FINE	Tm.	11,171
TOTAL MATERIAL VOLADO		6,663
WASTE RADIO		1.67

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se puede indicar que:

- ✓ Mill Ore to the Mill: Mena primaria a la chancadora es de 2 535 K Tm con una ley de 0.506% en el mes, es decir 362.1 K Tm por día a la chancadora ya sea de la mina o de los Stock Pile
- ✓ Crush Leach: Mena secundaria a la chancadora para luego lixiviar es 280 K Tm con una ley de 0.266% en el mes, es decir 40 K Tm por día a la chancadora ya sea de la mina o de los Stock Pile
- ✓ ROM Leach: Mena a Pad's de lixiviación es de 45 K Tm con una ley 0.149% en el mes.
- ✓ Waste o Desmonte: Es de 4 150 K Tm en el mes
- ✓ Fill: Relleno o desmonte no volado o preparado 58 K Tm en el mes
- ✓ Operating Days: Días operacionales, en este caso 7 días.

Además, se debe reconocer mena que se va enviará a los stock y mena que se minará de los stocks a los procesos.

● TIPO DE MATERIALES QUE SE VA A MINAR Y LEYES DE MENA

Para conocer los materiales y leyes que se va minar se usa el modelo geológico, dicho modelo debe tener la información más real. Para esto se debe interpolar el modelo que se tiene con la información de taladros más cercanos, es decir la malla de taladros de exploración deben ser los más cercanos (modelo geológico de corto plazo).

Para esto es de suma importancia seguir haciendo taladros de diamantino y siempre interpolar o actualizar nuestro modelo. En caso de cerro verde se tiene un laboratorio químico donde se envía material de los taladros de perforación y este nos entrega información de lo que se minara con leyes incluidas. Por temas operativos o tiempo de procesamiento no llega la información de laboratorio químico se utiliza el modelo

de geológico de corto plazo interpolado con taladros de perforación de bancos superiores y aledaños a lo que se va minar.

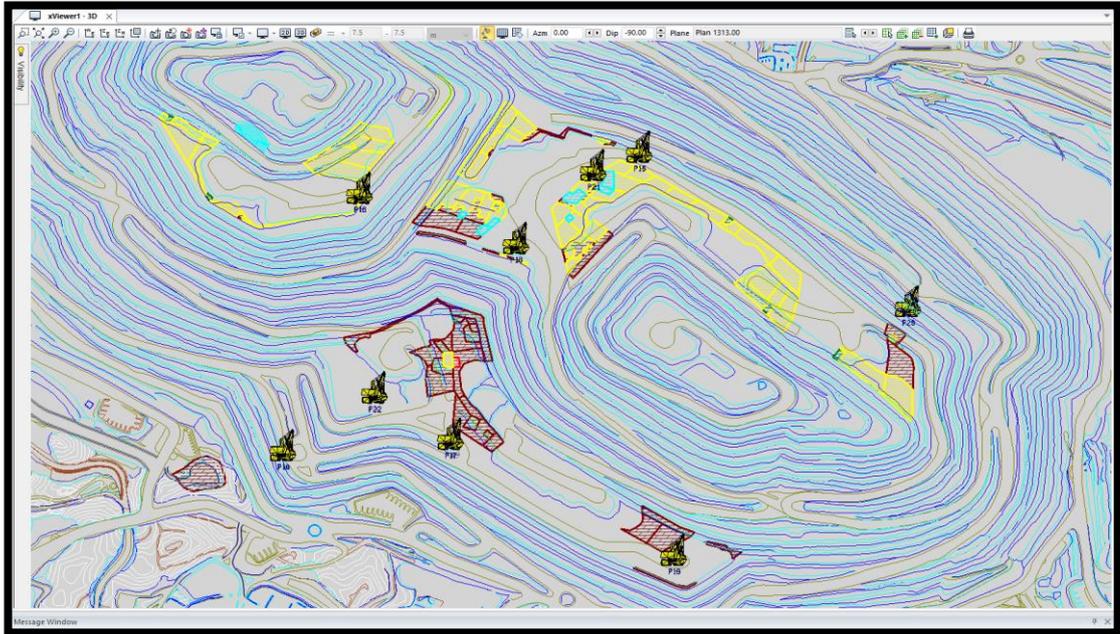


Figura 6. Información del tipo de material por minar

Fuente: Elaboración propia

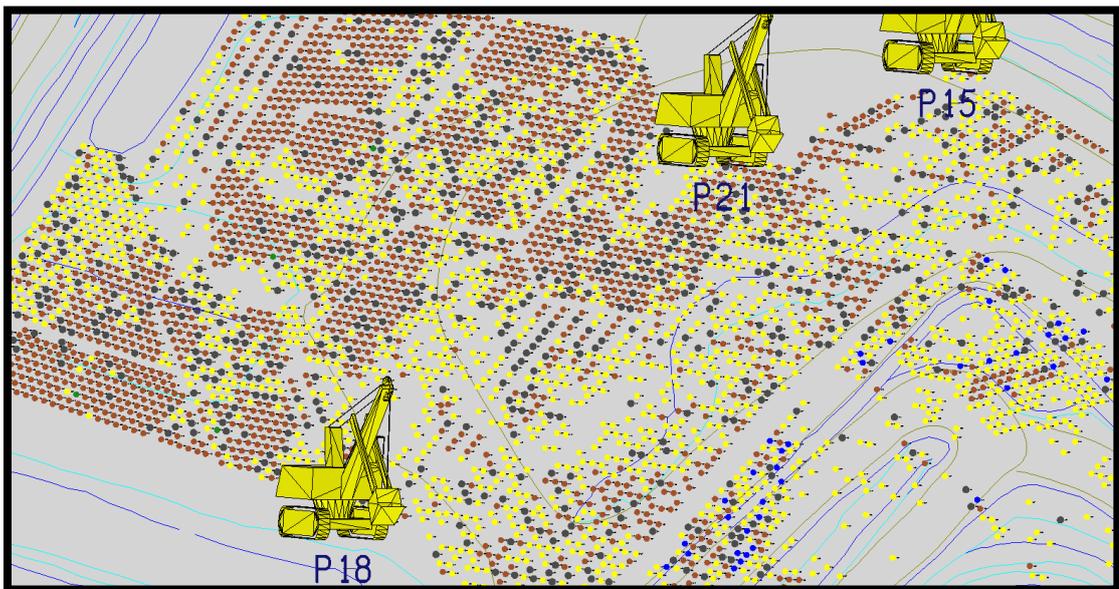


Figura 7. Información de tipo de material de Taladros de perforación

Fuente: Elaboración Propia

- **CAPACIDAD DE LOS PROCESOS DE MENA**

En caso de cerro verde se tiene 3 chancadoras primarias, donde cada chancadora tiene una capacidad viva de 500 toneladas, es decir que puede recibir en una descarga hasta de 500 toneladas. Para conocer la capacidad de los procesos de mena se utiliza

$$C_{CH}(\text{ton/hr}) = C_C(\text{ton}) * n (1/\text{hr})$$

Donde:

C_{CH} = Capacidad de la chancadora por hora

C_C = Tonelaje promedio de carguio de camion de acarreo

n = Cantidad de veces que se descarga en la chancadora x hora

Y a su vez

$$n = \frac{60\text{min}}{t_{des}(\text{min})}$$

Donde:

t_{des} = Tiempo promedio de descarga en chancadora

Por información de Dispatch se tiene que

$t_{des} = 2.25 \text{ min}$, reemplazando se tiene una capacidad de 8000 toneladas por hora por cada chancadora primaria, es decir, si las chancadoras trabajarían todo el día chancarían hasta 576 K Tm por día entre las 3 chancadoras.

En caso de material para el Pad's de lixiviación dependerá del área de descarga, en este caso se requiere descargar 40 K Tm por día que saldrá del Crush Leach ya chancado y 16.6 K Tm por día de ROM Leach que se descargar directamente a los Pad's de lixiviación. Vale especificar que el Crush Leach es el mismo material que el ROM Leach, la diferencia es que el Crush Leach tiene mayor ley de mena el cual permite que sea viable chancarlo para luego lixiviarlo para poder tener una mejor y pronta recuperación del metal. Como ya se tiene identificado cuanto se enviará por

día a los Pad's esto se prepara con anticipación para poder recibir las descargas sin inconvenientes.

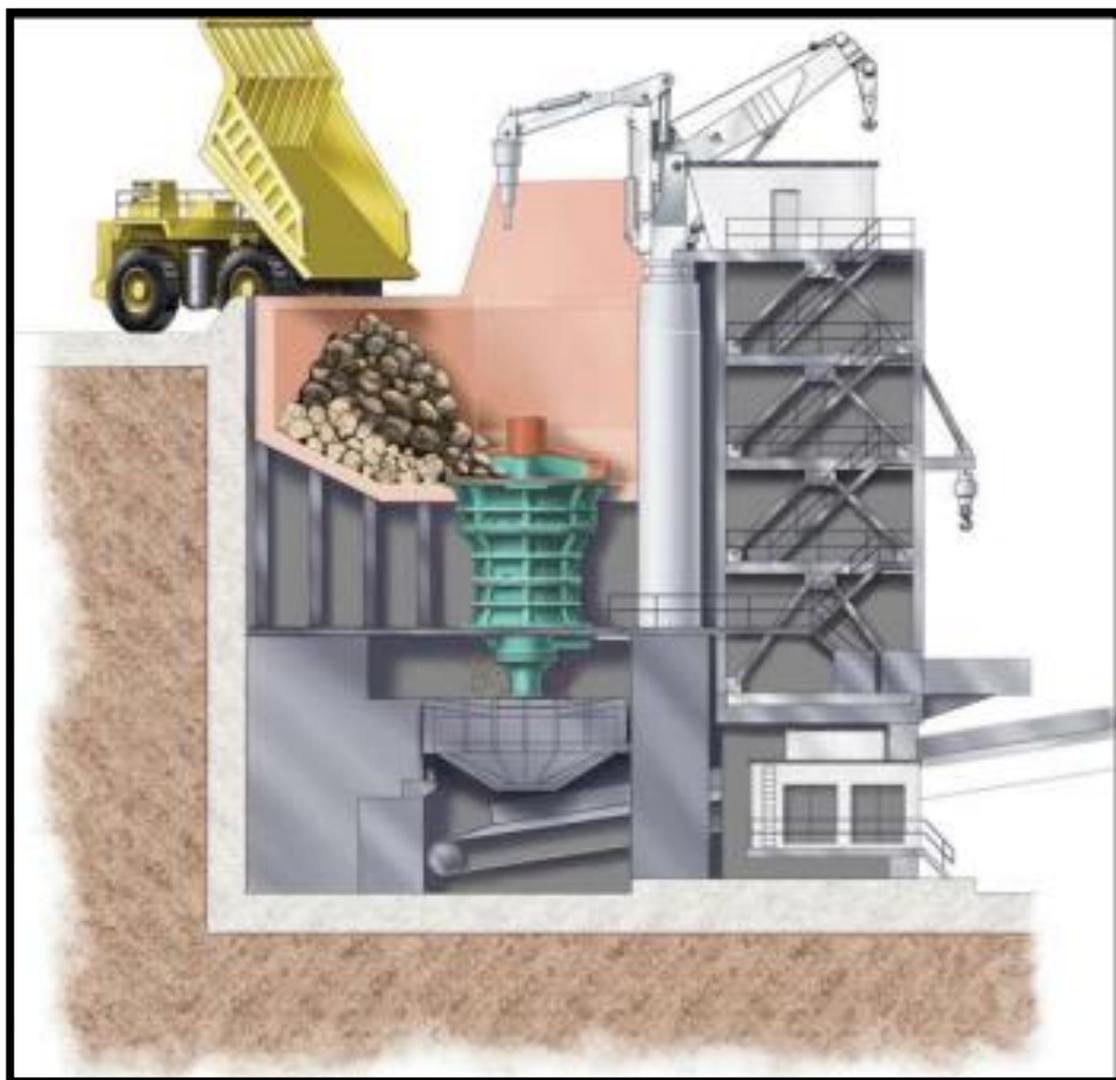


Figura 8. Descarga de Mena en chancado primario

Fuente FLS midth Minerals (2009).

- **PLAN DE VOLADURA Y PLAN DE PERFORACION**

Para el desarrollo del plan de minado es importante conocer cuánto de material disparado en tonelaje y en días de minado se tiene por cada equipo de carguío, con esto se secuencia las voladuras y/o disparos según la necesidad de material y también se da prioridad de perforación.

✓ PLAN DE VOLADURA

El objetivo de plan de voladura es secuenciar los disparos de detonación con la finalidad de dar material de minado, cumpliendo acuerdos corporativos y legales como hora de detonación, cantidad de taladros volados por días, etc. Esta secuenciación de disparos se da a partir de la necesidad que se tiene de material para minar y la ubicación de los equipos de carguío, donde es importante conocer cuantos días de minado se tiene por equipo de carguío.

Para calcular los días de minado que se tiene por equipo de carguío es mejor ser prudentes con la finalidad de que no nos falte material para minar, es decir considerar una ratio de minado máximo por día del equipo de carguío. Entonces se puede elaborar el siguiente cuadro.

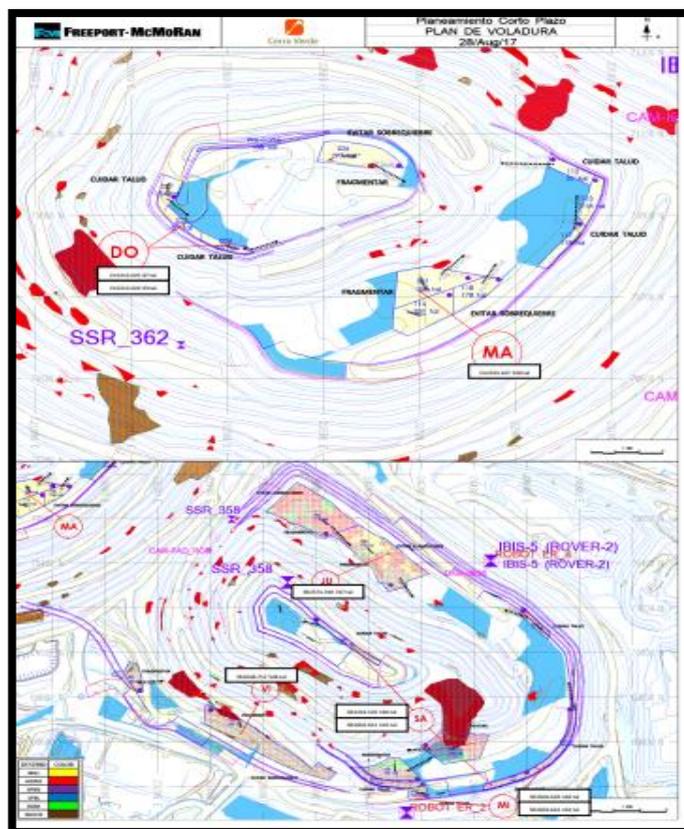


Figura 9: Plan de Voladura

Fuente: Elaboración propia echo en Cerro Verde

Tabla 4. Días disponibles de material minado por equipo de carguío

Equipo de Carguío	Ubicación	Ratio de Minado por Día (Ton)	Material Disparado disponible por Minar (Ton)	Días de Minado disponible por Minar
Pala 10	Tajo SR08	80000	254500	3.2
Pala 17	Tajo SR08	130000	650000	5.0
Pala 22	Tajo SR08	130000	450000	3.5
Pala 15	Tajo SR07	130000	420000	3.2
Pala 18	Tajo SR07	130000	740000	5.7
Pala 20	Tajo SR07	130000	780500	6.0
Pala 21	Tajo SR07	130000	420000	3.2
Pala 12	Tajo CV06	100000	420000	4.2
Pala 16	Tajo CV06	130000	830000	6.4
Pala 06	Dinámico	70000	2454000	35.1
Pala 11	Cerro Negro	80000	250000	3.1
Pala 19	Cerro Negro	130000	282000	2.2
Pala 07	Baja ley	70000	9500000	135.7

Fuente: Elaboración propia

De este cuadro se puede rescatar que los días disponibles para mina se saca de cubicar o calcular el material que se tiene disponible a minar entre cuanto mina cada equipo. Para esto lo esencial es calcular o cubicar lo más cercano a lo real el material disparado que se tiene y además poner la ratio mayor de minado que se hace un equipo de carguío por un determinado tiempo. Esta ratio máxima se puede calcular

a partir de datos máximos de minado por equipo de carguío o cálculos según tiempos de carguío.

Ya sabiendo los días disponibles que se tiene para minar por cada equipo de carguío se sabe cuándo se debería sacar un disparo para poder más tonelaje de minado al equipo de carguío. Para esto se considera lo siguiente para poder secuenciar los disparos de la mejor manera:

- No forzar tiempos, es decir no sacar o programar disparos ajustados con el material minado restante ya que puede suscitarse inconvenientes que no nos permitan sacar el disparo como temas de clima, falta de recursos, etc. Esto conllevará a no tener que minar o tener que mover los equipos de carguío a otro frente de trabajo por lo consiguiente no cumplir con el plan de minado.
- Tratar de sacar disparos contiguos, es decir tratar de sacar disparo por zonas próximas ya que esto nos permitirá poder operar en otras zonas no afectas al disparo durante el disparo y/o disminuir horas no productivas.
- Disminuir demoras o horas no productivas antes, durante y después del disparo, es decir secuenciar de tal manera que el disparo no tenga muchas demoras como: mover más distancia fuera de radio de voladura, cortar y sacar más cables mineros, parar más equipos de carguío, cortar o truncar vías de acceso, etc.

De esto se tiene:

Tabla 5. Programación de Detonación o Voladura

Equipo de Carguío	Ubicación	Días de Minado Disponible	Día de Disparo
Pala 10	Tajo SR08	3.2	Día 2
Pala 17	Tajo SR08	5.0	Día 4
Pala 22	Tajo SR08	3.5	Día 2
Pala 15	Tajo SR07	3.2	Día 1
Pala 18	Tajo SR07	5.7	Día 5
Pala 20	Tajo SR07	6.0	Día 7
Pala 21	Tajo SR07	3.2	Día 1
Pala 12	Tajo CV06	4.2	Día 3
Pala 16	Tajo CV06	6.4	Día 6
Pala 06	Dinámico	35.1	No disparo
Pala 11	Cerro Negro	3.1	Día 1
Pala 19	Cerro Negro	2.2	Día 1
Pala 07	Baja ley	135.7	135.7

Fuente: Elaboración propia

Donde se puede apreciar que la secuenciación se da referente a:

- Que la secuenciación o programación de disparo se hace un día antes siempre es decir si se tiene 3.2 días de minado disponible entonces se saca el disparo a los 2 días.
- Los disparos se sacan por mismas zonas; en este caso por tajos.
- Acá por ejemplo se divide la zona de disparos, es decir en Tajo SR7 y SR8 se hace el disparo en diferentes días para no abordar o parar todos los equipos de carguío o hacer mucho movimiento o aumentar demoras por disparo.

✓ PLAN DE PERFORACION

El plan de perforación prioriza los proyectos a perforar para cumplir el plan de voladura, es decir nos indica cuantas perforadoras y tiempo necesitamos para poder perforar todo el proyecto y poder detonarlo, es decir el plan de perforación es a base del plan de voladura.

Para hacer el plan de perforación es necesario conocer los números de taladros que tenemos por perforar, el ROP (velocidad de perforación) y la longitud de los taladros (altura de banco + subdrilling). Ver anexo 2, Plan de perforación.

El objetivo de este plan de perforación es saber cuántas perforadoras se necesitan para cumplir con la perforación y poder disparar el día planeado. Se sabe que el número total de perforadoras es constante es por eso que se debe asignar adecuadamente.

En caso de cerro verde se tiene 14 perforadoras, donde por general se tiene 1 en mantenimiento, además son a Diesel el cual nos permite mover las perforadoras con facilidad.

El ROP se obtiene de la información de los taladros perforadoras del mismo proyecto o aledaños, el cual se calcula según el tiempo que se demora en perforar un taladro.

• EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO

En este segmento se simula lo que van minar los equipos de carguío, esta simulación debe ser lo más exacto ya que de esto depende nuestro plan de minado. También se indica la disponibilidad y utilización de los camiones de acarreo de material, el cual a final se ve resumido en número de camiones usados. Se puede relacionar el tonelaje minado por día con los números de camiones trabajando por día.

- **EQUIPO DE CARGUIO**

Acá se determina o simula lo que va minar el equipo de carguío, para eso se saca la información de cuanto mino por día los días anteriores. Ver Anexo 1

De esto hay que analizar, evaluar y discriminar datos, ya que hay días que se tuvo mantenimiento programado, demoras por disparo, condiciones no favorables al minado y menor disponibilidad del equipo.

Tabla 6. Data de minado por día de pala 12

MINADO DE LA PALA 12 POR DÍAS					
Día	Tonelaje K	Día	Tonelaje K	Día	Tonelaje K
	Tm		Tm		Tm
1	78.5	12	68.5	22	79.5
2	78.5	13	68.8	23	40.0
3	78.6	14	68.5	24	79.5
4	72.1	15	69.0	25	79.5
5	79.0	16	65.0	26	78.3
6	42.0	17	69.4	27	72.4
7	78.8	18	69.5	28	79.4
8	79.5	19	79.7	29	79.2
9	78.1	20	78.7	30	79.8
10	79.2	21	78.5	31	78.5
11	75.0				

Fuente: Elaboración propia

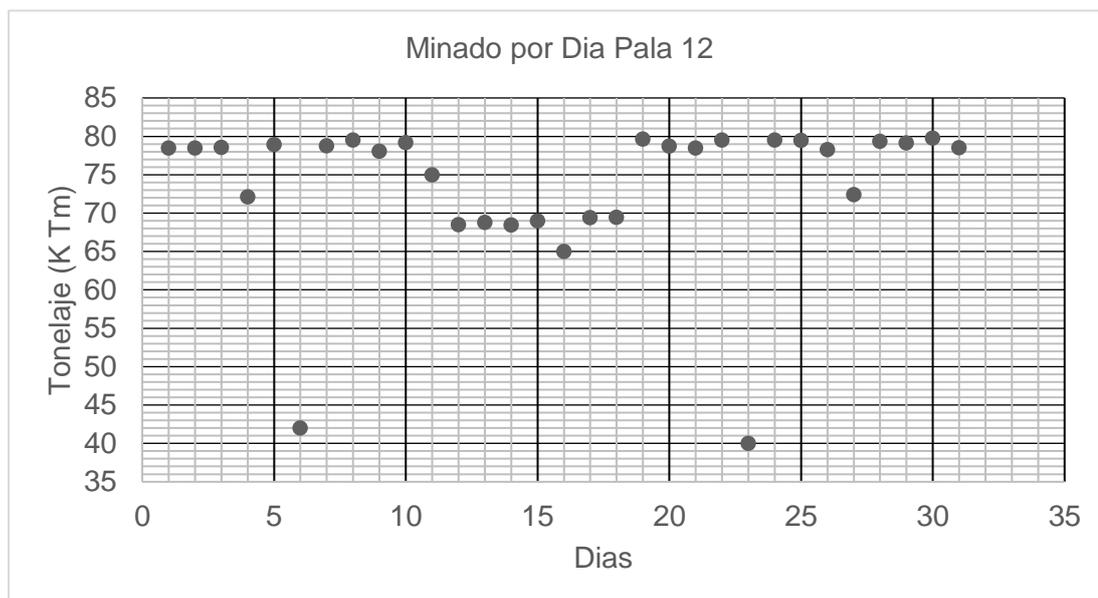


Figura 10. Data de minado por día de pala 12

Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se aprecian variaciones significativas en el tonelaje minados durante el día, el cual se podrá discriminar y/o considerar para simular el minado del equipo de carguío en nuestro plan de minado.

- Los días 6 y 23 se aprecia una reducción hasta en un 50% del promedio, el cual coincide con el mantenimiento programado de 12 horas aproximadamente por día. Este tonelaje promediado se puede usar si es que tuviéramos un mantenimiento programado en los días de nuestro plan de minado, en este caso 41 K Tm o simplemente consideramos el 50% de lo que minaría el equipo de carguío.
- En los días del 12 al 18 se aprecia una diferencia significativa de lo minado respecto a los demás días, donde esos días el equipo de carguío estuvo perfilando, es decir el frente de minado no fueron las ideales para minar de una manera normal. Este tonelaje promedio de minado de estos días se podría

considerar si en nuestro plan de minado el equipo de carguío va perfilar, donde el promedio de minado fue 68.4 K Tm.

- Los días 4, 11 y 27 se tiene una diferencia hasta de 5 K Tm del promedio de los demás días, esto coincide con los días que hubo voladura y estuvo afecto el equipo de carguío por radio de voladura. Estos datos se pueden discriminar ya que las demoras por voladura son diferentes, pero nos dan una idea de lo que implica estas demoras.

De los demás días donde la pala mino de una manera normal sin demoras significativas se puede sacar un promedio y esto considerar para nuestro plan de minado. Ya no se considera la disponibilidad y utilización del equipo de carguío ya que este promedio ya abarca y saca un promedio de esto. En este caso se considera para la pala 12 un tonelaje de 79 K Tm por día.

Cabe indicar que para este trabajo se hace referencia a 2 modelos de equipos de acarreo que son palas eléctricas.

- P&H 2800 palas eléctricas. Las cuales para nuestro trabajo son: pala 06, pala 07 y pala 11 con carga útil nominal 59 tm (65 tc).
 - P&H 4100XPC palas eléctricas. Las cuales para nuestro trabajo son: pala 10, pala 12, pala 15, pala 16, pala 17, pala 18, pala 19, pala 20, pala 21 y pala 22 con carga útil nominal 108.9 tm (120 tc)

Estos equipos de acarreo como se indicó son eléctricos, es necesario conocer su fuente de energía, modelos y capacidad de carga.

Para palas que su fuente de energía es la continua DC, estos equipos tienen motor monofásico, para nuestro caso son: la pala 15, pala 16, pala 17, pala 18, pala 20, pala 21 y pala 22.

Para palas que su fuente de energía es la alterna AC, estos equipos tienen motor trifásico, para nuestro caso son: pala 06, pala 07, pala 10, pala 11, pala 12 y pala 19.



Figura 11. Pala eléctrica P&H 2800 AC

Fuente: Komatsu

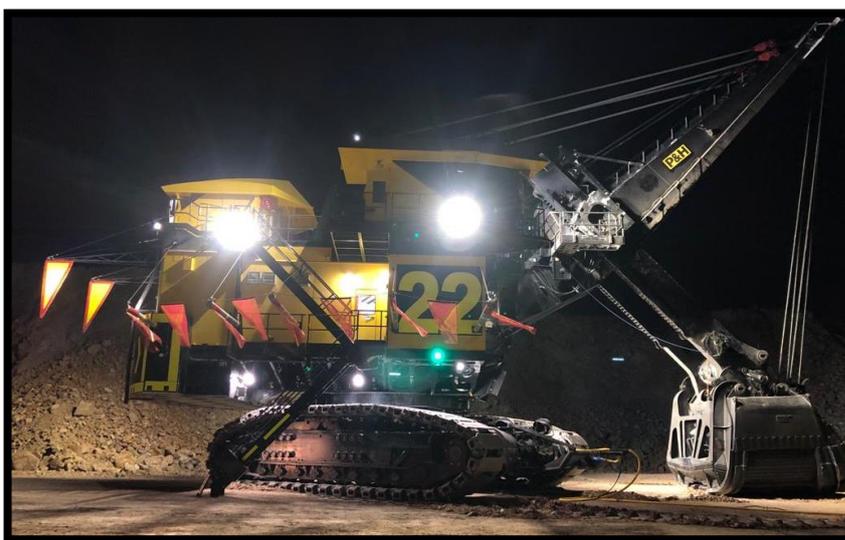


Figura 12. Pala eléctrica P&H 4100 XPC-AC

Fuente: Elaboración propia

- **EQUIPO DE ACARREO**

Los equipos de acarreo en caso de cerro verde son Caterpillar y Komatsu, donde se tiene más Caterpillar que Komatsu. Acá el área de mantenimiento nos da una disponibilidad de 81% promedio por todos los equipos.

Para el desarrollo del plan de minado es importante saber cuántos camiones necesitaremos para poder mover el material minado y cumplir el tonelaje. En este capítulo no haremos énfasis en calcular el número de camiones que se necesita para cumplir nuestro plan de minado ya que esto se calcula en plan de minado a largo plazo el cual ya está considerado en la disponibilidad que nos da mantenimiento.

Para información en cerro verde los Caterpillar tiene una carga optima de 235 toneladas optimas y máximo de 260 tonelada mientras que los Komatsu tiene una carga optima de 390 toneladas y 450 toneladas máximas. Pero para posibles cálculos los tonelajes mostrados en el anexo 1 se hizo con una disponibilidad de 81.8 % el cual es equivalente a 112 camiones rodando con 75 Caterpillar y 37 Komatsu, estos datos se puede utilizar para poder simular un aproximado si se quiere minar más tonelaje o si se tiene más o menos disponibilidad o en nuestro caso actuales falta de operador por pandemia.

Como se indicó para este trabajo se tiene 2 modelos de camión minero:

- Cat 793 D
- Komatsu 930 E



Figura 13. Camión minero Cat 793 D

Fuente: Caterpillar



Figura 14. Camión minero Komatsu 930

Fuente: Komatsu

- **DEMORA OPERATIVAS FIJAS Y VARIABLES EN EL PLAN DE MINADO**

- ✓ **TRASLADO DE EQUIPOS DE CARGUÍO**

En nuestro caso se traslada palas eléctricas solo por disparo, para ejemplo se tomará el equipo de carguío pala 12 donde se tiene disparo el día 3. Si hubiese necesidad de hacer un traslado de pala por que se le acabo el material o bajar ya un nivel se puede usar el mismo calculo. Ya sea el motivo del traslado o de la demora se castiga con el tonelaje según el tiempo que demora el traslado. Es decir, la pala eléctrica 12 hace en promedio 79 000 toneladas por día de 24 horas y va hacer un traslado de 200 m. Entonces considerando una velocidad promedio de 400 m/hora se tiene que el tiempo de traslado es 0.5 horas y agregando los 10 minutos de demora operativa se tiene en total en tiempo de traslado de 0.67 horas. Con regla de tres simple se tiene que en una guardia no se minara 79 000 toneladas si no 76 794.6 toneladas. Cabe resaltar que esto solo es para traslado el cual se debe considerar una demora de sacar y regresar la pala.

- ✓ **TIEMPO DE VOLADURA Y DETONACIÓN**

De igual manera se considera como ejemplo de cálculo el equipo de carguío pala 12 el cual tiene disparo el día 3. Como se vio la pala se debe de mover 200m para salir fuera del radio de disparo, a su vez ya por experiencia se sabe que se tiene que quitar tensión y quitar pieza de cable. Esto se puede también inferir porque se sabe que el cable eléctrico está dentro del radio de influencia de equipos. Además, hay que agregar un tiempo de evacuación por disparo, procedimiento de detonación y posteriormente verificación de la voladura, esto en promedio es 0.5 horas, posteriormente se considera reponer cable eléctrico retirado, reposición de energía. Para no hacer dificultoso el cálculo se considera 1 hora como tiempo de voladura y detonación sin considerar el tiempo para sacar y regresar los equipos fuera del radio de voladura y posteriormente al frente de carguío

Para la pala 12 se considera 0.67 para horas para sacar la pala 12 fuera del radio de voladura más una hora por detonación y más 0.67 horas para regresar al frente y volver a minar, el cual nos da un tiempo de demora de 2.34 horas y con regla de tres simple se tiene que en una guardia no se minara 79 000 toneladas si no 71 297.5 toneladas.



Figura 15. Traslado de equipos de carguío por disparo

Fuente: Elaboración propia

En la imagen se observa los trabajos que se realizan antes de la voladura por traslado de equipo de carguío, una voladura que afecten más equipos de carguío ocasiona más demoras de las necesarias ya que para poder minar va a demorar más tiempo. Si por necesidad operativa se tiene que sacar una voladura y afecta más de un equipo de carguío se debe ver primero el radio de influencia de voladura por equipo de carguío, entonces se puede reducir el tamaño de la malla de perforación a detonar, la iniciación o secuencia de detonación y/o ver una solución con voladura para no hacer mucho traslado de equipos de carguío.

4.2 OBTENCION DE RESULTADOS

En este sub capítulo se muestra el tonelaje minado por equipo de carguío y número de equipos de acarreo el cual son fijos para nuestras muestras, lo que varía en cada uno de las muestras es el tonelaje de materiales minados, así como su ley. Esto se traduce a un cambio de la ley de corte, es decir se simula a partir de leyes y tonelaje de mena, al final se considera el mayor valor en libras obtenidas.

4.2.1. TONELAJE MINADO DE PALAS POR DIA

En los resultados mostrados en el cuadro siguiente ya se considera los mantenimientos programados por equipo de carguío, así como las demoras significativas por voladura, con la finalidad de simular el tonelaje que va minar cada equipo de carguío por día.

Tabla 7. Simulación de minado por equipo de carguío

Equipo de Carguío	Simulación de Minado por Día (K Tm)	DIA						
		1	2	3	4	5	6	7
PALA 06	56.1	56.1	56.1	56.1	28.05	56.1	56.1	56.1
PALA 07	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8
PALA 10	73.1	36.6	69	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1
PALA 11	65.9	62	65.9	65.9	65.9	65.9	65.9	65.9
PALA 12	79	79	39.5	65	68.4	68.4	68.4	79
PALA 15	95.9	93	95.9	95.9	95.9	95.9	95.9	47.95
PALA 16	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	81	86.1
PALA 17	102.9	102.9	102.9	102.9	98	51.45	102.9	102.9
PALA 18	96.1	96.1	96.1	96.1	96.1	90	96.1	96.1
PALA 19	91.2	89	91.2	45.6	91.2	91.2	91.2	90
PALA 20	96	86.4	86.4	86.4	86.4	96	96	96
PALA 21	99.3	94	99.3	99.3	99.3	99.3	49.65	99.3
PALA 22	109.1	98.3	95	109.1	109.1	109.1	109.1	109.1

Fuente: Elaboración propia

Donde los días marcado con rojo corresponde a disparo que afecta al equipo de carguío y azul mantenimiento programado del equipo de carguío. Este tiempo que no trabaja el equipo de minado se ponderar de acuerdo a la producción de día y 24 horas de trabajo del equipo de carguío.

Cabe mencionar que estos tonelajes simulados al final es una aproximado, es decir que al momento de hacer nuestros cortes diarios por equipo de carguío estos

tonelajes que se minara deben ser los más próximos a lo simulado de esta tabla por día.

4.2.2. LIBRAS OBTENIDAS Y TONELAJE MINADO DE DESMONTE

Los resultados mostrados en la tabla son a base de los cortes realizados en Minesight con su aplicación Planner (HxGN Mine Plan), donde los datos mostrados son del modelo de corto plazo el cual ya ha sido interpolado con las leyes de los taladros de perforación. Acá se muestra los diferentes casos a partir de la simulación de ley de corte.

Tabla 8. Ley de Corte, Libras por proceso y Tonelaje de desmonte minado.

Casos	Ley de corte Mill	Ley de Corte Crush Leach	Ley de Corte Rom Leach	Libras De Cu Mill	Libras De Cu Leach	Desmonte (K Tm)
Caso 1	0.160	0.200	0.135	17,780,541	2,174,254	3932
Caso 2	0.170	0.210	0.145	17,880,125	2,194,029	3654
Caso 3	0.180	0.220	0.155	17,995,435	2,186,029	3527
Caso 4	0.190	0.230	0.165	17,920,415	2,182,245	3425
Caso 5	0.200	0.240	0.175	17,802,541	2,178,254	3391

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9. Libras totales de Cu y Desmonte Minado

Casos	Libras de Cu Totales	Desmonte Minado (k Tm)
Caso 1	19,954,795	3932
Caso 2	20,074,154	3654
Caso 3	20,181,464	3527
Caso 4	20,102,660	3425
Caso 5	19,980,795	3391

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 9, donde se obtiene más libras de cobre es en el caso 3, por ende, es el mejor resultado ya que el negocio de una operación minera metálica es obtener mayores libras de su metal, esto se comparará en el siguiente capítulo solo se hace referencia ya que solo se mostrará los resultados del caso 3.

Tabla 10. Mena total minada por día del caso 3

Tipo de Material		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	Total
MILL	kTm	376	377	372	370	385	373	373	2,625
	%TCu	0.375	0.402	0.381	0.366	0.384	0.403	0.400	0.387
	%Mo	0.018	0.017	0.017	0.018	0.018	0.017	0.018	0.018
	AS ppm	46.4	46.8	46.6	44.8	46.4	46.5	46.7	46.3
	MRECU	83.4	83.4	83.4	83.6	83.4	83.4	83.4	83.4
	MREMO	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
Cu Contained	Tm	1176	1264	1181	1132	1233	1254	1244	8484
Payable lbs	Lbs	2,494,259	2,681,045	2,504,911	2,400,736	2,615,982	2,660,034	2,638,467	17,995,435
CRUSH LEACH	kTm	96	97	90	104	90	93	93	662
	%TCu	0.272	0.272	0.286	0.286	0.302	0.276	0.277	0.282
	%ASCu	0.033	0.032	0.031	0.031	0.033	0.032	0.032	0.032
	%CnCu	0.161	0.195	0.147	0.129	0.190	0.119	0.147	0.155
	%RCu	0.190	0.165	0.151	0.151	0.145	0.140	0.140	0.155
ROM LEACH	kTm	71	93	80	73	66	61	64	509
	%TCu	0.151	0.158	0.154	0.158	0.158	0.154	0.157	0.156
	%ASCu	0.028	0.026	0.027	0.028	0.025	0.025	0.021	0.026
	%CnCu	0.057	0.044	0.053	0.061	0.056	0.053	0.052	0.054
	%RCu	0.063	0.065	0.057	0.064	0.060	0.059	0.066	0.062
Total Ore Leach (000 mt)	kTm	167.1	190.2	169.4	177.1	156.5	153.7	157.0	1171.0
% Avg total Cu grade	%TCu	0.220	0.216	0.224	0.233	0.241	0.228	0.228	0.227
% Avg recoverable Cu grade	%RCu	0.136	0.116	0.107	0.115	0.109	0.108	0.110	0.115
Recoverable Cu (mt)	Tm	227	221	181	203	171	166	173	1341.0
Payable Lbs	Lbs	480,725	467,842	384,532	431,443	361,873	351,903	366,076	2,844,394

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Mena primaria minada por día por equipo de carguío del caso 3

Equipo de Carguío	Tipo de Material	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	Total	
Pala 06	MILL	kTm	56.1	56.1	56.1	28.05	56.1	56.1	56.1	365
		%TCu	0.398	0.398	0.398	0.398	0.398	0.398	0.398	0.398
		MRECU	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1
Pala 07	MILL	kTm	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8	412
		%TCu	0.261	0.261	0.261	0.261	0.261	0.261	0.261	0.261
		MRECU	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1
Pala 12	MILL	kTm	42.1	25.4	39.4	36.8	37.1	38.7	34.5	254
		%TCu	0.481	0.485	0.451	0.471	0.478	0.501	0.488	0.479
		MRECU	84	84	84	84	84	84	84	84.0
Pala 15	MILL	kTm	12.1	18.35	16.4	22.1	16.4	25.1	14.2	125
		%TCu	0.212	0.215	0.218	0.235	0.238	0.251	0.241	0.232
		MRECU	84	84	84	84	84	84	84	84
Pala 16	MILL	kTm	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	81	86.1	598
		%TCu	0.510	0.621	0.542	0.532	0.562	0.621	0.594	0.568
		MRECU	84	84	84	84	84	84	84	84.000
Pala 18	MILL	kTm	23.5	24.1	18.9	25.4	29.1	38.4	28.4	188
		%TCu	0.257	0.267	0.281	0.287	0.267	0.286	0.284	0.276
		MRECU	84	84	84	84	84	84	84	84.000
Pala 20	MILL	kTm	25.7	24.1	19.7	23.5	19.6	25.3	16.5	154
		%TCu	0.321	0.325	0.298	0.289	0.301	0.302	0.312	0.307
		MRECU	84	84	84	84	84	84	84	84.000
Pala 21	MILL	kTm	71.4	84.3	76.5	89.1	81.4	49.7	78.4	531
		%TCu	0.312	0.354	0.323	0.298	0.325	0.364	0.342	0.329
		MRECU	84	84	84	84	84	84	84	84.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Mena secundaria chancable minado por día por equipo de carguío del caso 3

Equipo de Carguío	Tipo de Material		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	Total
PALA 11	CRUSH LEACH	kTm	28.36	32.33	31.24	29.65	27.84	36.54	35.65	222
		%TCu	0.384	0.346	0.354	0.394	0.401	0.336	0.325	0.360
		%RCu	0.154	0.156	0.146	0.185	0.146	0.127	0.135	0.149
PALA 15	CRUSH LEACH	kTm	30.34	28.4	20.5	35.45	28.6	26.7	27.58	198
		%TCu	0.210	0.237	0.236	0.256	0.275	0.240	0.246	0.243
		%RCu	0.254	0.187	0.165	0.135	0.142	0.154	0.156	0.171
PALA 18	CRUSH LEACH	kTm	16.5	14.54	14.6	17.68	20.3	14.9	16.5	115
		%TCu	0.215	0.231	0.254	0.214	0.250	0.214	0.258	0.234
		%RCu	0.165	0.156	0.135	0.143	0.142	0.154	0.129	0.146
PALA 20	CRUSH LEACH	kTm	20.4	21.5	23.5	21.0	13.5	14.7	13.0	128
		%TCu	0.254	0.235	0.261	0.243	0.236	0.254	0.238	0.247
		%RCu	0.164	0.154	0.156	0.135	0.154	0.135	0.133	0.149
TOTAL	CRUSH LEACH	kTm	96	97	90	104	90	93	93	662
		%TCu	0.272	0.272	0.286	0.286	0.302	0.276	0.277	0.282
		%RCu	0.190	0.165	0.151	0.151	0.145	0.140	0.140	0.155

Fuente. Elaboración propia

Tabla 13. Mena secundaria lixiviable minado por día por equipo de carguío del caso 3

Equipo de Carguío	Tipo de Material		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	Total
PALA 15	ROM LEACH	kTm	0	10.24	12.3	15.32	12.5	0	6.17	57
		%TCu	0.000	0.184	0.165	0.174	0.175	0.000	0.167	0.173
		%RCu	0.000	0.069	0.061	0.071	0.068	0.000	0.067	0.067
PALA 18	ROM LEACH	kTm	13.5	14.65	8.65	7.24	0	0.0	0	44
		%TCu	0.165	0.174	0.154	0.153	0.000	0.000	0.000	0.164
		%RCu	0.063	0.065	0.056	0.051	0.000	0.000	0.000	0.038
PALA 19	ROM LEACH	kTm	45.65	54.26	52.36	45.32	43.65	47.7	53.65	343
		%TCu	0.148	0.149	0.151	0.154	0.154	0.153	0.157	0.152
		%RCu	0.064	0.065	0.056	0.065	0.056	0.057	0.067	0.062
PALA 20	ROM LEACH	kTm	12.3	14.2	6.2	5.5	10.1	13.2	4.5	66
		%TCu	0.149	0.154	0.153	0.147	0.154	0.157	0.148	0.153
		%RCu	0.061	0.064	0.056	0.054	0.064	0.065	0.056	0.062
TOTAL	ROM LEACH	kTm	71	93	80	73	66	61	64	509
		%TCu	0.151	0.158	0.154	0.158	0.158	0.154	0.157	0.156
		%RCu	0.063	0.065	0.057	0.064	0.060	0.059	0.066	0.062

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Desmonte minado por día por equipo de carguío del caso 3

Tipo de Material			DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	Total
Pala 10	WASTE	kTm	36.6	69.0	73.1	73.1	73.1	73.1	73.1	471
Pala 11	WASTE	kTm	33.6	33.6	34.7	36.3	38.1	29.4	30.3	236
Pala 12	WASTE	kTm	36.9	14.1	25.6	31.6	31.3	29.7	44.5	214
Pala 15	WASTE	kTm	50.6	38.9	46.7	23.0	38.4	44.1	0.0	242
Pala 17	WASTE	kTm	102.9	102.9	102.9	98.0	51.5	102.9	102.9	664
Pala 18	WASTE	kTm	42.6	42.8	54.0	45.8	40.6	42.8	51.2	320
Pala 19	WASTE	kTm	43.4	36.9	-6.8	45.9	47.6	43.5	36.4	247
Pala 20	WASTE	kTm	28.0	26.6	37.0	36.5	52.7	42.9	62.0	286
Pala 21	WASTE	kTm	22.7	15.0	22.8	10.2	18.0	0.0	20.9	110
Pala 22	WASTE	kTm	98.3	95.0	109.1	109.1	109.1	109.1	109.1	739
TOTAL	WASTE	kTm	495.4	474.8	499.0	509.4	500.2	517.4	530.3	3,527

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

ANALISIS DE LOS RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS

En este capítulo se valida, analiza y se contrasta la hipótesis a partir de los resultados de ley de mena y tonelaje minados obtenidos en el capítulo IV de los planes de minado de corto plazo.

5.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

5.1.1. VALIDACIÓN INTERNA

De los resultados obtenidos de los planes de minado se puede ver que al momento de alterar la variable independiente plan de minado a corto plazo se ve que origina un cambio significativo en el tonelaje de desmonte minado, así como las leyes de Mena obtenida el cual se ve reflejado en las libras de Cu totales.

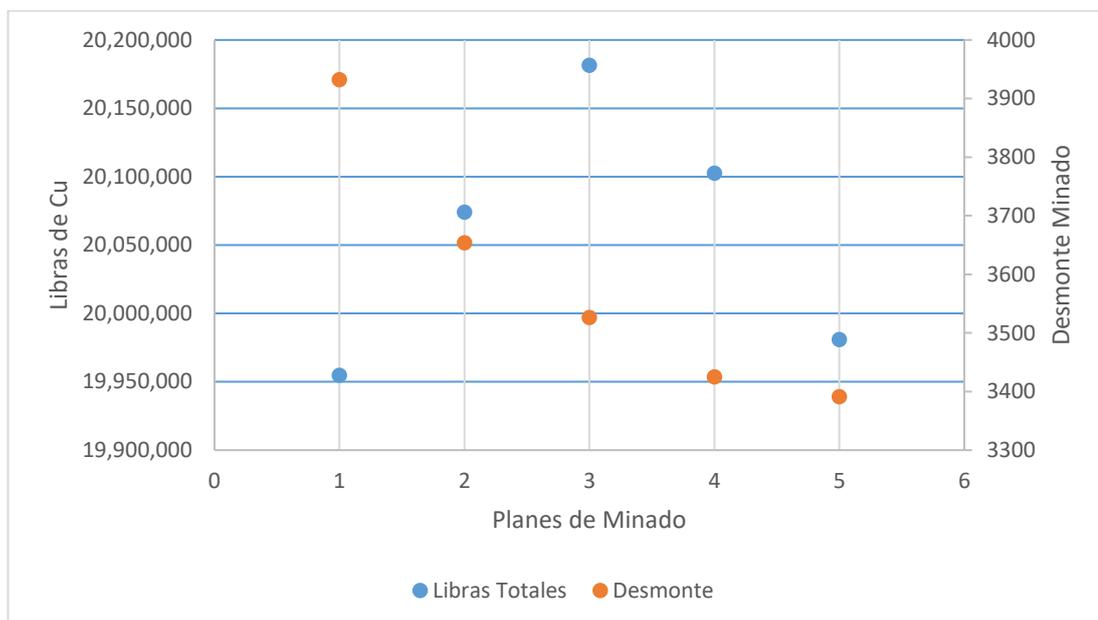


Figura 16. Validez Interna

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. VALIDACIÓN EXTERNA

Se infiere de la validación interna que cualquier modificación de nuestro plan de minado se verá reflejado en los resultados obtenidos, entonces se puede indicar que en cualquier escenario u operación minera al hacer cambios o modificar el plan de minado va modificar los resultados obtenidos.

5.1.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Como se apreció en la validación interna lo que se obtiene al modificar el plan de minado su consecuencia es un cambio de la ley de mena obtenida el cuál se compara por las libras obtenidas y del tonelaje de desmorte minado. De los 5 planes de minado estudiado se puede decir que el mejor caso es el 3, en el cual se obtiene mayores libras de Cu (ver tabla 9) ya que es lo que se busca más en una operación minera.

Tabla 15. Resultados del Plan de Minado caso 3

TOTAL	MILL	kTm	2,625
		%TCu	0.387
		%Mo	0.018
		AS ppm	46.3
		MRECU	83.4
		MREMO	55.0
Copper Contained in Concentrate		Tm	8484
Payable lbs		Lbs	17,995,435
TOTAL	CRUSH LEACH	kTm	662
		%TCu	0.282
		%ASCu	0.032
		%CnCu	0.155
		%RCu	0.155
TOTAL	ROM LEACH	kTm	509
		%TCu	0.156
		%ASCu	0.026
		%CnCu	0.054
		%RCu	0.062
Total Ore Leach (000 mt)		kTm	1171.0
% Avg total Cu grade		%TCu	0.227
% Avg recoverable Cu grade		%RCu	0.115
Recoverable Cu (mt)		Tm	1341.0
Payable Lbs		Lbs	2,844,394
TOTAL CU FINE		Tm.	9825.2
Waste Stripping		kTm	3,527

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16. Comparación del caso 3 Vs Pronostico (Forecast)

MENA	Pronostico	Plan de Minado Caso 3
MILL (k Tm)	2555	2625
% Cu	0.307	0.387
% Mo	0.014	0.018
MRECU	83	83
Libras	17,780,912	17,995,435
CRUSH LEACH (k Tm)	351	662
% Cu	0.241	0.282
%n Rcu	0.240	0.155
ROM LEACH (k Tm)	235	509
% Cu	0.180	0.156
% R Cu	0.080	0.062
Libras Leach	2,186,029	2,844,394

Fuente: Elaboración propia

5.2 CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS

La hipótesis de esta tesis se va contrastar a partir de la prueba estadística de t de Student, debido a que la muestra es menor a 30. Para poder hacer los cálculos de validación nos basaremos en las libras de Cu obtenido, ya que libras involucrar la ley de mena, así como tonelaje.

H_0 = El plan de minado no cumple objetivos de producción tanto de ley y tonelaje planificado

H_1 = El plan de minado producción tanto de ley y tonelaje planificado es mayor que el planeado

$$H_0: P \leq p$$

$$H_1: P > p$$

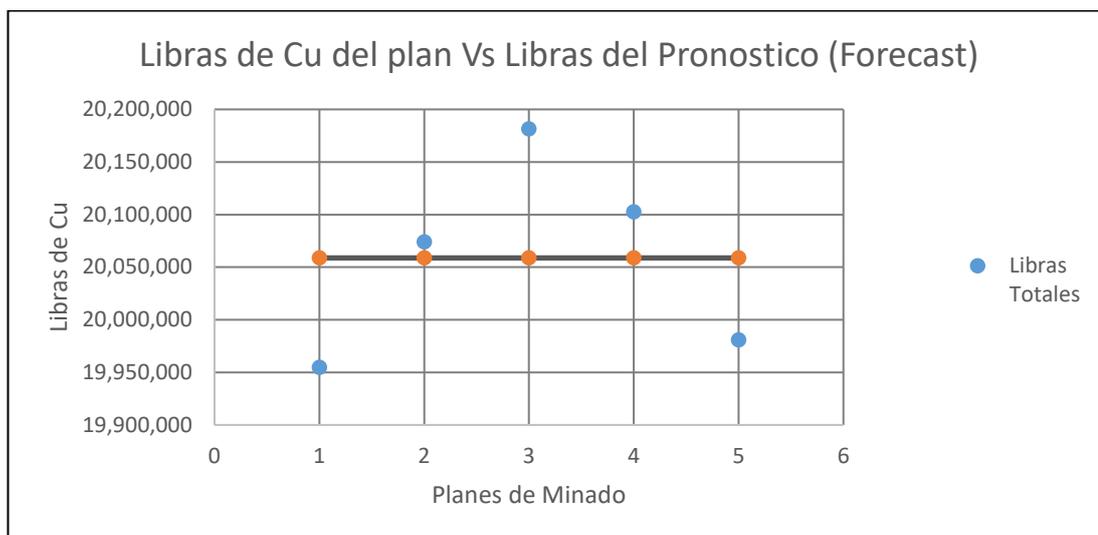


Figura 9. Dispersión de libras obtenidas en comparación a lo planeado en pronostico

Fuente: Elaboración propia

Para nuestro caso el nivel de significancia es:

$\alpha = 0.05$ o en su forma $\alpha = 5\%$

Ya que nuestra muestra es menor que 30, tenemos la siguiente función Pivotal

$$t = \frac{\chi - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \text{ con } (n - 1)GL$$

Donde

$\chi = 20058774$

$\mu = 19966940$

$n = 5$ con 4 grados de libertad

$\sigma = 92341.31$

Entonces tenemos un $t=2.224$

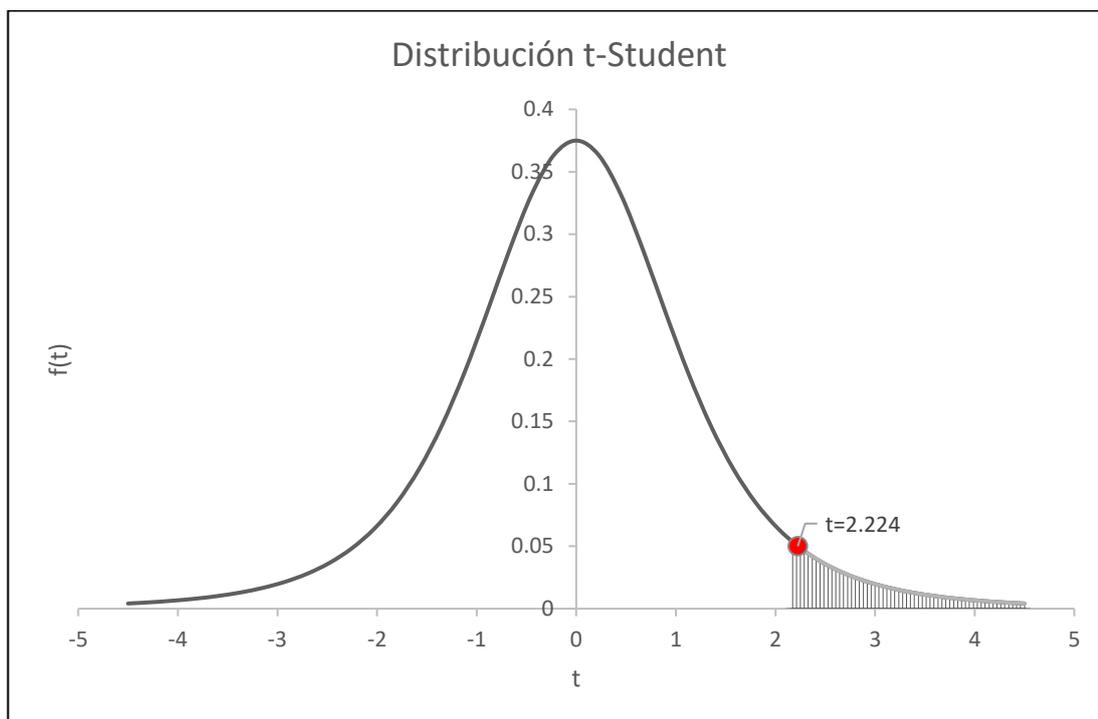


Figura 10. Contrastación de hipótesis específica H_1

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, se sabe que el área sombreada bajo la curva es la zona de rechazo de la hipótesis nula H_0 o zona de contrastación de la hipótesis alternativa H_1 . Donde nuestro t que es 2.224 se encuentra en la zona de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, se acepta nuestra hipótesis que el plan de minado producción tanto de ley y tonelaje planificado es mayor que el planeado.

5.3 DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Nuestros resultados obtenidos en el trabajo son válidos ya que para obtenerlos se ha seguido la metodología de investigación aplicada, ya que se planteó estrategias para conseguir un objetivo planteado, es decir se planteó un plan de minado a corto plazo con el fin de obtener ley de mena y tonelajes mayores que los pronosticado.

Los resultados obtenidos en la simulación del minado por equipo de carguío son constantes en cada caso de los cinco planes de minado a corto plazo desarrollado, ya que representa lo real que va a minar cada equipo de carguío. El minado de carguío por equipo puede variar por efectos fortuitos o ajenos a la operación mina que no se puede pronosticar, si el tiempo de minado perdido es alto se debe hacer una revisión al plan de minado.

Lo que varía en los cinco casos de plan de minado a corto plazo es la ley de corte de mena, esta variación se hace en correlación a la ley de corte pronosticado con el objetivo de buscar mayores libras de cobre. Vale recordar la ley de corte es inversamente proporcional al tonelaje de mineral.

Se hace la variación de ley de corte debido que al momento hacer el plan de minado el modelo geológico usado siempre varía referente al modelo usado cuando hacen los pronósticos (Forecast) o presupuesto (Budget).

Se observa que el mejor caso de planeamiento es el tres, ya que se obtiene mayores libras.

Casi en todos los casos planteados las libras obtenidas son mayores a lo pronosticado, en caso que no se logre los objetivos se tendría que modificar los tonelajes minados por equipo de carguío dando prioridad de minado donde se encuentre las mejores leyes de mena.

5.4 NUEVAS LINEAS DE INVESTIGACION

Referente al desarrollo de plan de minado se tiene muchos softwares que nos permiten hacer el trabajo más rápido y con buenos resultados, pero todos tienen las limitaciones de necesitar que se le administre lo datos y que se discriminen esto datos. Es por eso que se necesita automatizar estos procesos con el fin de modificar rápidamente cuando se encuentre o se cambie leyes, tonelajes, etc.

Ya que las leyes de mena son aleatorias, es decir es difícil pronosticar de manera correcta o precisar lo que se tiene a minar tanto en ley y tonelaje de mena es necesario que se utilice mecanismo que nos permitan tomar decisiones de manera acertada, es por eso que se está aplicando la inteligencia artificial en los softwares de desarrollo de plan de minado con la finalidad de tomar decisiones que nos permitan cambiar polígonos a minar, leyes de corte a usar con el objetivo de obtener mayores libras.

CONCLUSIONES

- En el desarrollo del plan de minado de corto plazo se centra en el tonelaje a minar o simular por equipo de carguío.
- Cuando se tiene lo que va a minar los equipos de carguío solo se modifica la ley de corte con el fin de obtener más libras, esto se hace interpolando el modelo con leyes obtenidas en las mallas de perforación con el fin de tener la información más acertada tanto de ley y tonelaje de mena.
- El mejor caso de plan de minado es donde se obtiene mayores libras de Cu
- La simulación de lo que va minar los equipos de carguío está afectado por mantenimiento programado de los equipos de carguío y disparos aledaños a los equipos de carguío, estos tiempos de demora se pondera en producción por día y se resta a lo que producirá el equipo de carguío en el día.
- La simulación de lo que mina los equipos de carguío se hace en base a lo que mino en las mismas condiciones el equipo de carguío.
- El número de equipos de acarreo necesarios para desarrollar el plan de minado está contemplado cuando se toma la información de lo que ya mino los equipos de carguío, solo hay que fijarnos que la utilización de las fechas tomadas sea menor o igual que la disponibilidad planteada por mantenimiento para el periodo del desarrollo de nuestro plan de minad

RECOMENDACIONES

- Interpolar o actualizar nuestro modelo geológico al momento de hacer nuestro plan de minado con leyes obtenidas en taladros de perforación cercanos con el fin de tener los datos más ciertos con el campo.
- Simular de manera correcta lo que se va minar, tanto por equipo de carguío y acarreo. Esto se consigue al separar o discriminar datos de minado por día donde se tenga demoras de disparo, diferentes tipos de frente de minado y mantenimiento programados o no programados de los equipos de carguío
- Planificar las voladuras de tal manera que no se tenga mucha demora de minado por equipo de carguío. Ya que, si nos demoramos más a que un equipo de carguío vuelva a minar, esto no nos permitirá cumplir con el tonelaje de minado programado para el equipo de carguío.
- Considerar el máximo tonelaje que puede minar un equipo de carguío al momento de programar la detonación o voladura con el fin de obtener menos días de minado disponible por este equipo carguío, con el fin de que si el equipo de carguío tenga que minar mas no tenga inconvenientes con material disponible por minar.
- Variar la ley de corte si no se consigue llegar a los objetivos de ley y tonelaje de mena, si no es suficiente eso se debe dar prioridad de minado a los equipos de carguío con mayor ley de mena o mover el equipo de carguío donde se encuentre la mayor ley de mena.

- Considerar la recuperación metalúrgica dentro del modelo usado para generar nuestros cortes de minado, esta ley se puede asumir de las recuperaciones que se tiene de registro de fechas cercanas a nuestro desarrollo del plan de minado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Herrada Villarreal, R. G. (2019). Planeamiento de minado a corto plazo y los indicadores claves de gestión en una mina a tajo abierto [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/20762>
- Carpio Ore, W. Y. (2018). Aplicación de software minero Minesight al planeamiento de corto plazo en minería a tajo abierto Informe por servicios profesionales [Tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín]. Repositorio Institucional Universidad Nacional San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6015>
- Ponce Mariluz, D. H. (2017). Modelo de planeamiento de minado a corto plazo para una operación minera a cielo abierto [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7848>
- Gonzales Paihua, T. (2010). Diseño de Minas a Tajo Abierto [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/667>
- Ángeles Quiroz, C. H., & Cueva Correa, R. J. (2019). Optimización en la planificación minera a tajo abierto. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/15030>

Arteaga Munoz, F. (2014). The mining rate in open pit mine planning (La tasa de minado en un plan de minado a tajo abierto. [Tesis de maestría, Universidad de Queensland].

https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:345801/s4273643_mph_submission.pdf?dsi_version=72998b48d95b2a1cae72d41e746eecac

Piérola Vera, D. (2017). Optimización del plan de minado de cantera de caliza La Unión distrito de Baños del Inca – Cajamarca 2015. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Antiplano]. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Antiplano.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5634>

GEOESTADISTICA.COM. (s. f.). Geoestadística. Recuperado 08 de Julio de 2021, de http://www.geoestadistica.com/planeamiento_minado.htm

¿Qué puntos debe incluir todo plan de minado? | Seguridad Minera. (2016, 28 noviembre). Revista Seguridad Minera.

<https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/puntos-incluir-plan-minado/>

Herrera Valdez, J y Mayorga Rojas J. C. (2020, 22 junio). Acciones para reducir diferencias de reconciliación entre el mineral recibido y el enviado a molienda | Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas.

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/1805>

Gutiérrez Panihuara, Y. A. (2016). Metodología de control de calidad de mineral en la producción de oro, aplicado en minería a tajo abierto - "Yacimiento Jessica" Compañía Minera Aruntani - Puno - Perú. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4926>

Nicolas Pérez, C. F. (2015). Dilución Operacional en Mina el Soldado [Tesis de pre grado, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional Académico de la Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/133527>

Bendezú Tenorio, N. D. (2014) Implementación de un sistema de información basado en un enfoque de procesos para mejorar la operatividad del área de créditos de la microfinanciera crecer. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1442>

Teijeira, P. (2017, 11 octubre). Forecast: Qué es y para qué sirve. Técnicas, consejos y mejores prácticas en ventas IT. <http://pabloteijeira.es/blog/forecast-que-es-y-para-que-sirve/>

Catpo Rodríguez G y Ramírez Gonzales S. (2016). LA APLICACIÓN DEL SISTEMA COMERCIAL FORECAST Y SU INFLUENCIA EN LA GESTIÓN LOGÍSTICA DE IMPORTACIONES DE LA EMPRESA HUEMURA S.A.C EN EL PERIODO 2015 – 2016 [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/13255>

Silva Hernández, N. L. (2020). Implementación de estrategias de minado para incrementar producción en mina a tajo abierto. [Tesis de grado, Universidad

Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/20768>

Varillas Ochoa, P. G. (2017). Evaluación técnico económica del Proyecto Pablo en U. M. Pallancata – cía. Minera Ares S.A.C. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5073>

ANEXO 1

Equipo de Carguío	Días														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pala 06	56.5	30.0	56.8	55.5	55.8	55.1	55.6	56.0	56.7	56.1	56.1	56.4	55.8	56.9	56.8
Pala 07	58.1	59.6	58.1	59.2	32.0	58.4	58.2	58.2	59.8	58.4	58.7	59.8	59.4	58.1	59.2
Pala 10	73.7	73.9	73.8	72.7	73.9	73.2	39.0	72.6	73.9	73.2	73.8	73.3	72.5	73.8	73.4
Pala 11	66.5	65.5	65.1	32.0	66.6	65.2	65.9	65.0	66.5	66.6	66.5	65.9	65.6	66.8	65.2
Pala 12	78.5	78.5	78.6	72.1	79.0	42.0	78.8	79.5	78.1	79.2	75.0	68.5	68.8	68.5	69.0
Pala 15	96.4	96.8	95.6	95.4	95.1	95.1	95.5	96.0	95.5	95.3	55.0	95.6	96.8	96.5	95.8
Pala 16	86.5	86.4	85.3	86.3	86.8	87.0	86.3	86.1	45.0	85.3	85.1	86.9	85.7	85.5	86.9
Pala 17	102.2	103.0	60.0	103.1	103.9	103.7	103.3	102.4	103.2	103.0	102.4	103.4	102.5	102.8	103.0
Pala 18	53.0	95.6	96.6	96.9	95.1	96.1	95.5	95.8	95.5	95.6	96.2	96.7	95.6	95.7	96.8
Pala 19	92.0	91.2	91.6	90.8	90.9	91.8	90.4	46.0	91.9	90.6	92.0	90.4	91.3	90.7	91.6
Pala 20	96.6	95.6	95.1	95.9	96.8	96.9	96.1	96.4	96.4	96.0	96.6	52.0	95.5	95.0	95.4
Pala 21	99.9	99.5	98.9	98.5	99.3	98.9	99.4	99.6	98.2	51.0	99.4	99.4	99.6	98.6	99.1
Pala 22	110.0	108.9	108.0	108.3	108.9	109.1	109.0	109.3	108.0	109.9	108.5	109.3	108.7	58.0	109.0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 1

Equipo de Carguío	Días															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Pala 06	55.0	28.0	55.5	56.2	56.6	56.5	55.7	55.9	56.6	56.9	55.4	56.7	55.9	55.3	55.9	56.1
Pala 07	29.0	59.2	58.2	58.9	59.0	58.4	59.8	58.8	58.5	58.6	58.6	59.4	58.0	58.9	59.9	58.4
Pala 10	72.1	72.7	72.0	73.5	72.6	72.4	72.5	72.3	72.8	73.5	73.6	42.0	73.1	72.7	73.1	72.3
Pala 11	65.8	66.3	66.4	65.2	34.0	65.3	66.6	66.7	65.1	65.3	65.9	66.1	65.3	66.7	65.4	66.7
Pala 12	65.0	69.4	69.5	79.7	78.7	78.5	79.5	40.0	79.5	79.5	78.3	72.4	79.4	79.2	79.8	78.5
Pala 15	96.1	96.9	95.7	96.3	97.0	95.4	95.8	96.0	58.0	95.8	95.9	96.6	95.9	95.5	95.4	96.8
Pala 16	86.7	85.9	85.5	86.9	85.4	86.3	85.1	86.7	86.3	85.6	86.0	85.5	86.7	86.2	43.0	86.3
Pala 17	102.1	103.9	102.6	55.0	102.4	102.4	103.2	102.6	103.5	102.0	103.3	102.6	102.5	102.1	102.7	103.5
Pala 18	96.8	95.6	59.0	96.1	96.6	96.6	95.9	95.2	96.6	96.9	96.5	96.8	95.7	96.4	95.5	96.0
Pala 19	90.9	91.6	91.5	91.6	91.9	91.0	91.4	91.7	91.6	90.1	47.0	90.7	91.9	91.0	90.6	90.7
Pala 20	95.9	96.3	95.1	96.6	95.8	96.1	95.7	96.8	95.5	96.3	96.8	95.5	55.0	95.3	97.0	96.4
Pala 21	99.6	99.8	99.9	98.6	99.9	99.3	49.0	99.9	99.5	98.1	99.0	99.4	99.2	99.0	98.7	100.0
Pala 22	108.4	109.4	108.2	110.0	109.0	108.4	109.8	110.0	108.6	109.4	109.9	109.2	109.9	56.0	109.9	108.7

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Plan de Perforación

Equipo de Carguío	Ubicación	Proyecto de Perforación	Días disponibles Perforar	N° de Taladros por Perforar	Longitud Taladro (m)	ROP (m/hr)	Horas de perforación necesaria	Numero de perforadoras necesarias
Pala 10	Tajo SR08	Proyecto 510	2	210	16.5	57	61	1.3
Pala 17	Tajo SR08	Proyecto 480	4	500	16.5	60	138	1.4
Pala 22	Tajo SR08	Proyecto 511	2	350	16.5	58	100	2.1
Pala 15	Tajo SR07	Proyecto 121	1	354	16	42	135	5.6
Pala 18	Tajo SR07	Proyecto 140	5	154	16	40	62	0.5
Pala 20	Tajo SR07	Proyecto 145	7	457	16	45	162	1.0
Pala 21	Tajo SR07	Proyecto 122	1	120	16	43	45	1.9
Pala 12	Tajo CV06	Proyecto 628	3	480	15.5	18	413	5.7
Pala 16	Tajo CV06	Proyecto 629	6	420	15.5	16	420	2.9
Pala 11	Cerro Negro	Proyecto 045	1	100	15.5	20	78	3.2
Pala 19	Cerro Negro	Proyecto 046	1	80	15.5	19	65	2.7

Fuente: Elaboración Propia